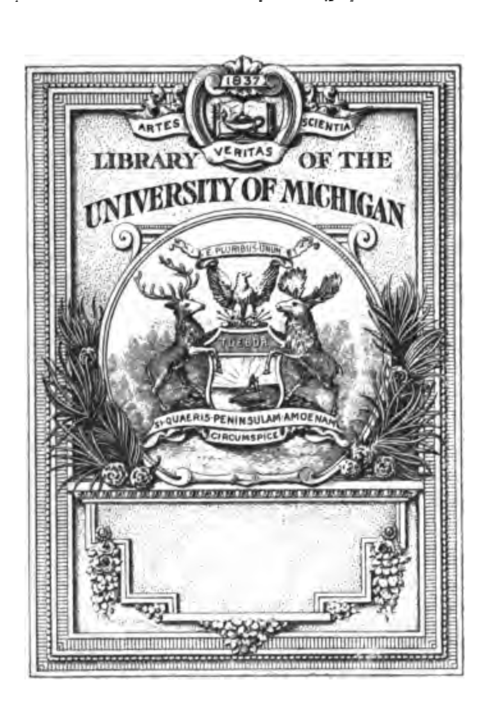
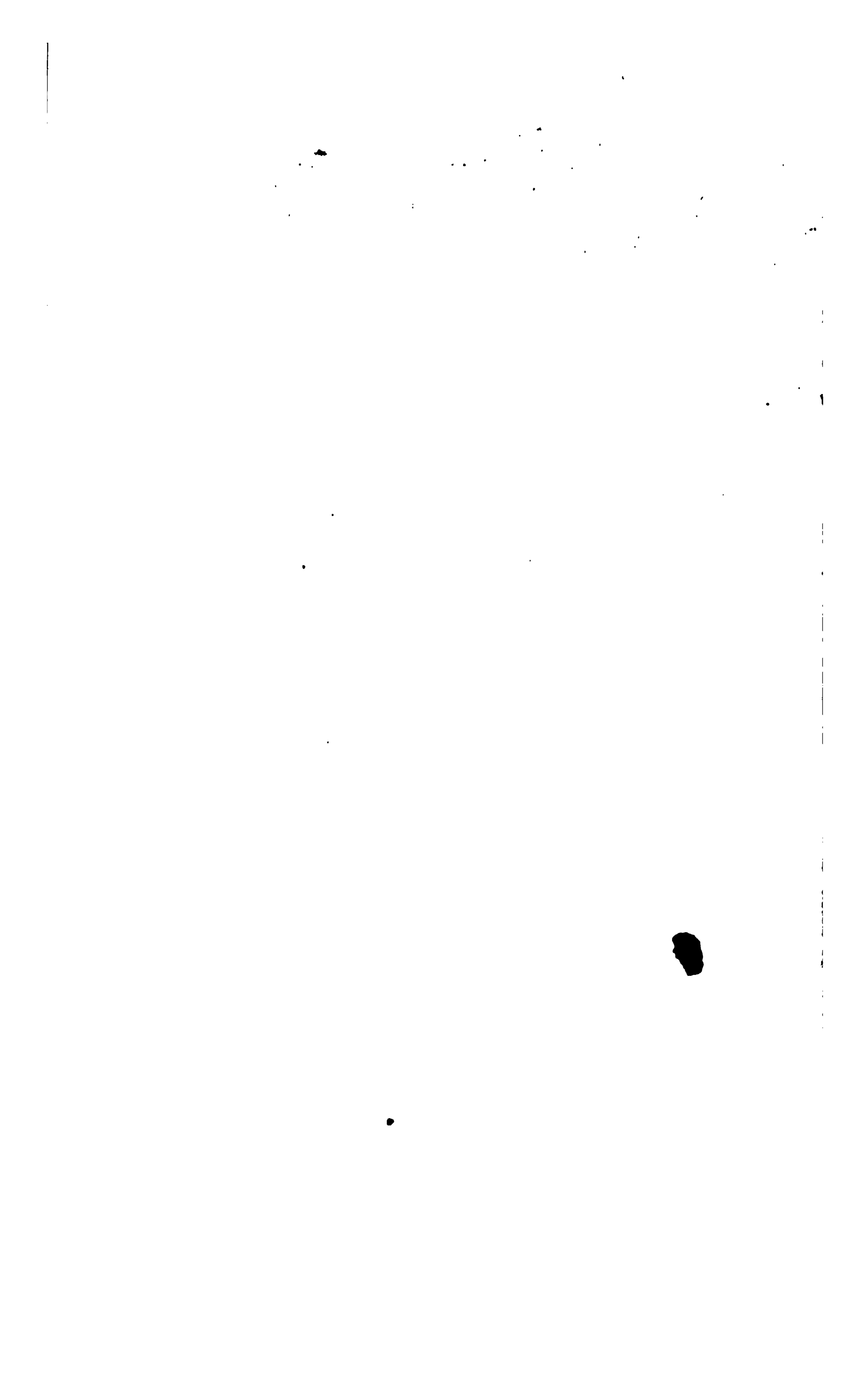



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE





ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LVIII.



ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

ZWEITE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

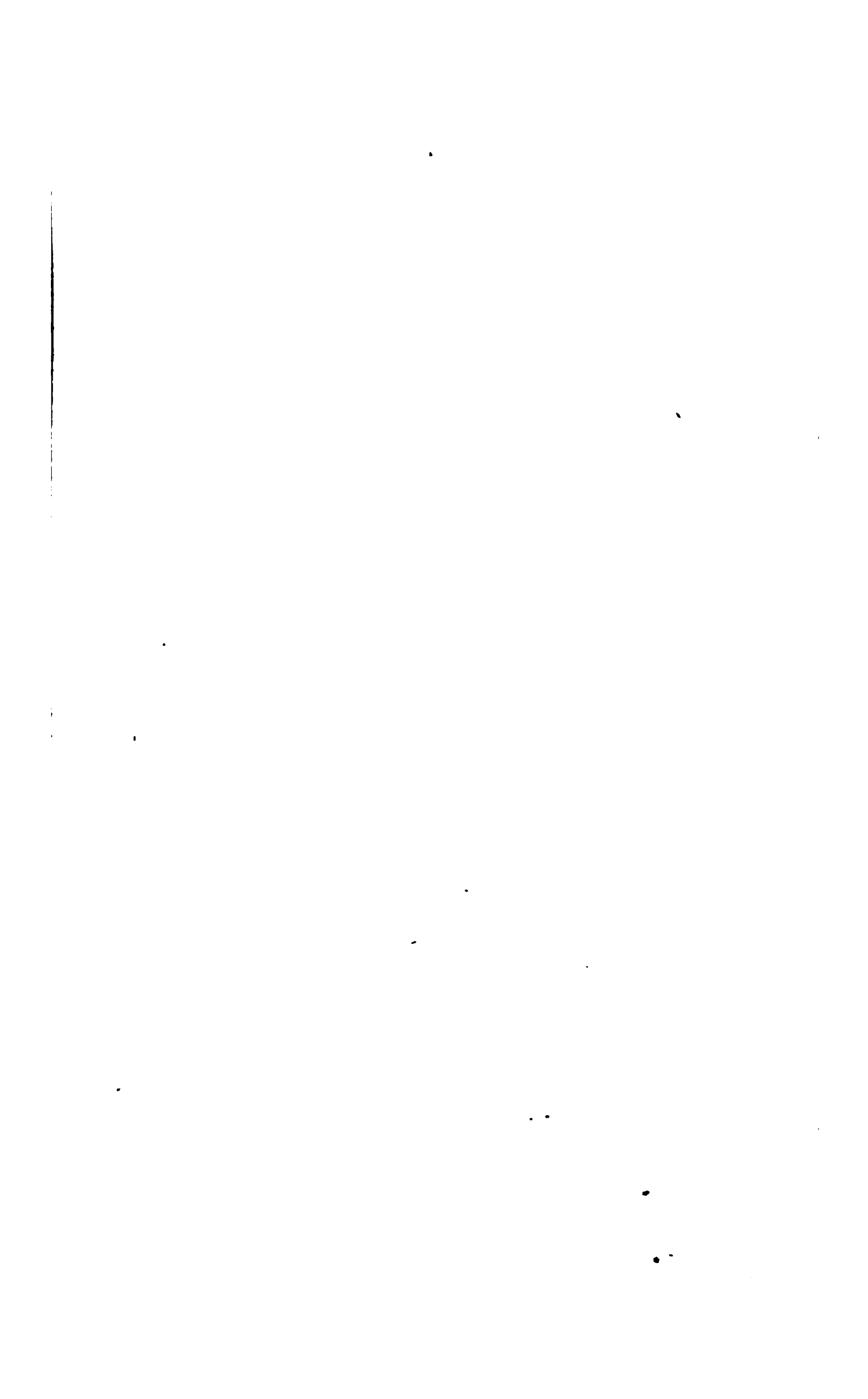
J. C. POGGENDORFF.

ACHT UND ZWANZIGSTER BAND.

NEBST DREI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1843.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.



ANNALEN
DER
PHYSIK
UND
CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

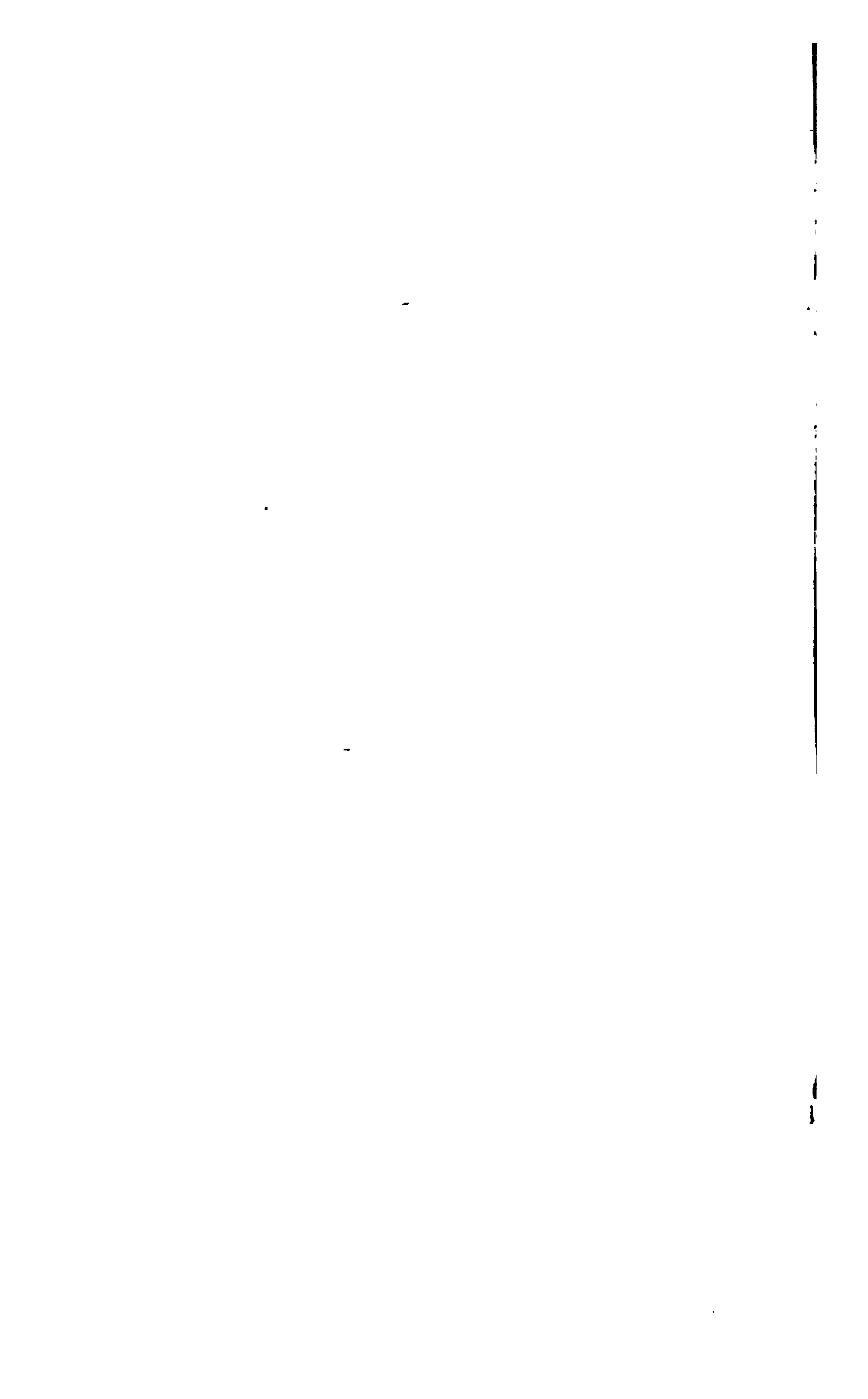
J. C. POGGENDORFF.

ACHT UND FUNFZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT VIER UND DREISSIGSTER.

NEBST DREI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1843.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.



Inhalt

des Bandes LVIII der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Zweites Stück.

Drittes Stück.

Viertes Stück.

Nachweis zu den Kupfertafeln.

1843. ANNALEN *No.* 1.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LVIII.

I. *Vorläufiger Abrifs einer Untersuchung über den sogenannten Froschstrom und über die elektromotorischen Fische;*

von Emil du Bois-Reymond.

Im Frühling 1841 forderte mich Hr. Geheimerath J. Müller auf, eine Untersuchung über den Froschstrom, *courant de la grenouille* Nobili, anzustellen. Die Resultate, zu welchen ich bis jetzt gelangt bin, sind folgende.

1) Wird ein frisch getödteter enthäuteter Frosch an Kopf und Füfsen mit den Enden eines leitenden Bogens in der Art berührt, dafs dadurch keine neue Spannung gesetzt wird [1]), so zeigt gleichwohl eine in diesen

1) Sämmtliche Versuche, mit Ausnahme begreiflich der unter (8) und (18) beschriebenen, sind an einem Multiplicator von der üblichen Construction angestellt, auf dessen Rahmen ein Kilometer von 0",0065 Par. dickem Kupferdraht in 4650 einfachen Windungen aufgetragen ist, und dessen Nadelspiel, bei Anwendung der Melloni'schen Compensation (*Arch. de l'Electr. No.* 3, *p.* 656), eine so hohe Beweglichkeit besitzt, dafs die geringe Schwächung der oberen Nadel, welche durch die strahlende Wärme einer dicht neben der Glasglocke des Instruments angebrachten Kerzenflamme bewirkt wird, hinreicht, um eine Drehung der Azimuthebene, in welcher dasselbe im Gleichgewicht ist, im Werthe von 9° nach sich zu ziehen. — Der im Text ausgesprochenen Bedingung, dafs durch die Berührung der Enden des multiplicirenden Leiters mit den thierischen Theilen keine neue Spannung gesetzt werden dürfe, wurde nach Nobili's und Matteucci's Vorgang dadurch Genüge geleistet, dafs diese Enden aus einem feuchten Leiter bestehend gewählt wurden; wodurch nämlich der Experimentator in Stand gesetzt ist, jede selbständige elektromotorische Wirkung der metallischen Multiplicatorenden auf's genaueste zu controlliren. — Indem ich einerseits den Leitungswiderstand dieser feuchten Multiplicatorenden möglichst reducirte, andererseits mich eines so höchst empfindlichen Instruments bediente, ward es möglich, dafs die Win-

Bogen eingeschaltete stromprüfende Vorrichtung einen in demselben gegenwärtigen, von dem Kopf zu den Füfsen des Thiers gerichteten, Strom an. Ein Strom von gleicher Richtung und fast gleicher Intensität wird wahrgenommen, wenn der indifferente leitende Bogen Füfse und Becken eines Galvani'schen Präparats berührt. In gleicher Richtung, d. h. in dem Bogen von dem dem Kopfe näher gelegenen Punkte zu dem den Füfsen näher gelegenen verlaufend, aber von geringerer Intensität, zeigt sich der Strom am Oberschenkel und am Unterschenkel des Frosches. Noch schwächer, aber immer gleichgerichtet, fand ich ihn an dem blofsen Rumpf des Frosches ohne vordere und hintere Extremitäten zwischen Kopf und Steifsbein; einen kräftigen Strom von den Schultern in dem Bogen zu den Händchen, geben endlich die vorderen Extremitäten selbst.

2) Ein Kaninchenbein auf die nämliche Weise untersucht, zeigt den Strom in demselben Sinn als das Froschbein, allein ungleich schwächer. Ein Taubenbein, und die vorderen und hinteren Extremitäten von *Lac. agilis* zeigen denselben in umgekehrter Richtung. Der blofse Unterschenkel der Taube zeigt ihn dagegen in derselben Richtung wie das Kaninchenbein und Froschbein, und zwar stärker als das Gesammtbein der Taube.

3) Das Spannung setzende elektromotorische Moment ist auch im nicht enthäuteten Frosch zugegen. Derselbe zeigt den Strom in der nämlichen Richtung, allein in viel geringerem Grade als der enthäutete. Diefs beruht nur zum Theil darauf, dafs die Haut in Rücksicht des indifferenten leitenden Bogens Nebenleitung bildet (38).

kelwerthe der von mir beobachteten Nadelbewegungen die von Nobili und Matteucci verzeichneten bei weitem übertreffen, indem z. B. der durch den Gesammtfrosch, das galvanische Präparat (1) oder den *M. Gastrocnemius* vom Frosch (7) erzeugte erste Ausschlag nicht selten die Nadel gegen die Repositorien führte, während die in diesen Fällen hinterbleibende anscheinend constante Ablenkung zwischen 8° und 11° betrug.

4) Auch der lebendige, ganz unversehrte Frosch zeigt den Strom in derselben Stärke, als der eben getödtete nicht enthäutete, und immer in derselben Richtung.

5) Gehirn und Rückenmark, die Brust- und Baucheingeweide, die grofsen Nervenstämme können entfernt werden, ohne dafs der Strom des Gesammtfrosches, oder des galvanischen Präparats, oder seiner einzelnen Theile (1) anders dadurch verändert würde, als es die Veränderung des Leitungswiderstandes etwa mit sich bringt.

6) Das frisch präparirte, von allem Muskelfleisch befreite, unversehrte (61) Knochengerüst wirkt nicht elektromotorisch.

7) Berührt man mit den Enden des indifferenten leitenden Bogens die beiden Sehnen eines frei präparirten *M. Gastrocnemius* vom Frosch, so ist in dem Bogen ein Strom in gleicher Richtung und von nahezu gleicher Intensität gegenwärtig, als wenn der Gesammtfrosch oder das galvanische Präparat auf die bezeichnete Weise berührt worden wären.

8) Die vereinigte Wirkung zweier Gastrocnemien ist hinreichend, um Zersetzung eines mittelst salpetriger Säure sehr empfindlich gemachten Jodkalium-Stärkebreies zu bewirken. Die jodstärkemehlhaltige Jodwasserstoffsäure scheidet sich am centralen Ende der Muskelkette aus.

9) Untersucht man mittelst des indifferenten leitenden Bogens die einzelnen, frei heraus präparirten Muskeln des Frosches, so findet man unter denselben einige, welche den Strom in derselben Richtung zeigen, als die Gesammtextremitäten dieses Thieres, d. h. anscheinend in der Substanz der Organe nach der Cerebrospinalaxe hin; andere, welche anscheinend nicht elektromotorisch wirken, wiederum noch andere, welche im umgekehrten Sinne wie die erstgenannten thätig sind.

10) Dasselbe läfst sich an Muskeln des Kaninchens und der Taube wahrnehmen.

11) Untersucht man genauer einen von den Mus-

keln, welche anscheinend keinen Strom zeigen, so findet man, dafs dieselben, an ihren Sehnen mit den Enden des indifferenten leitenden Bogens berührt, allerdings zu keiner Stromentwicklung Anlafs geben, eben so wenig, wenn man zwei Punkte des Mantels des Cylinders oder der Seitenflächen des Prisma's, welche die Muskeln darstellen, berührt; dafs aber alsbald ein Strom wahrgenommen wird, wenn die berührten Punkte, der eine dem Mantel des Cylinders, oder den Seitenflächen des Prisma's, der andere deren Grundfläche, nämlich der Sehne, angehörig sind; und zwar ist der Strom stets im Bogen so gerichtet, dafs er sich von dem einen Punkt zum andern in der Ordnung, wie sie genannt sind, bewegt.

12) Durch eine Reihe von Versuchen läfst sich darthun, dafs das Sehnen- und Bindegewebe in diesen Fällen sich als indifferenter feuchter Leiter verhält.

13) Bedenkt man, was eigentlich die Sehne ist, so sieht man, dafs sie hier nichts weiter vorstellt, als einen leitenden, selbst nicht elektromorisch wirksamen Ueberzug über den darunter gelegenen natürlichen Querschnitt sämmtlicher Primitiv-Muskelbündel oder secundären Muskelzellen, oder des Muskels im Allgemeinen, wenn man unter seinem Querschnitt eine solche Flächenbegränzung an demselben verstehen will, dafs darin nur freie Enden der Primitiv-Muskelbündel enthalten sind.

14) Da aber ein Bruchtheil eines Muskels noch der Zusammenziehung fähig ist, folglich noch keine seiner wichtigeren Eigenschaften eingebüfst haben kann, so stand zu vermuthen, dafs ein künstlicher Querschnitt des Muskels sich eben so wie der natürliche, d. h. negativ, gegen die Aufsenfläche desselben verhalten werde. Diefs ist in der That der Fall. Schneidet man einen der bezeichneten Oberschenkelmuskeln vom Frosch senkrecht auf die Richtung der Primitiv-Muskelbündel oberhalb der unteren oder unterhalb der oberen Sehne durch, so verhält sich die solchergestalt dargestellte Schnittfläche elek-

tromotorisch homogen mit dem noch mit der Sehne bekleideten natürlichen Querschnitt am anderen Ende des Muskels, heterogen aber und zwar negativ gegen die Aufsenfläche des Muskels.

15) Beim Weitergehen findet sich, dafs auch die natürliche Aufsenfläche des Muskels ersetzt werden könne durch eine künstlich, durch Zerreifsen oder mittelst des Messers dargestellte so beschaffene Flächenbegränzung an demselben, dafs darin nur Mäntel oder Seitenflächen der als Cylinder oder Prismen gedachten Formelemente des Muskels enthalten sind. Schneidet man aus einem Muskel einen Muskelfleischriemen, das heifst, ein blofses Bündel von secundären Muskelzellen von cylindrischer oder prismatischer Form, so giebt das Bündel durchaus keine elektromotorische Wirkung, so lange die beiden Enden des indifferenten leitenden Bogens, in welchen die stromprüfende Vorrichtung eingeschaltet ist, an die beiden Grundflächen des Bündels, d. h. an die Querschnitte des Muskels, oder an zwei Punkte des Mantels oder der Seitenflächen des Cylinders oder des Prisma's, welche das Bündel darstellt, angelegt werden. So wie aber der leitende Bogen einen Punkt der künstlichen Aufsenfläche mit einem Punkt des künstlichen Querschnitts in Verbindung setzt, zeigt die stromprüfende Vorrichtung einen Strom an, der von dem einen Punkt zum andern, in der Richtung wie sie genannt sind, in dem Bogen sich bewegt.

16) Ein jeder Theil des Muskels verhält sich auf dieselbe Weise. Ich habe Wirkungen noch von so kleinen Muskelfleischpartieen nach demselben Gesetz freilich mit sehr geringer Intensität erfolgen sehen, dafs ich sie nachher mit Bequemlichkeit unter das Mikroskop bringen, und so nicht nur die Zahl der darin enthaltenen Primitiv-Muskelbündel bestimmen, sondern dieselben auch mittelst Essigsäure auf die Gegenwart von Primitiv-Nervenfasern oder secundären Nervenzellen untersuchen

konnte. In Fällen, wo ein deutlicher Strom wahrgenommen worden war, zeigten sich gleichwohl keine Nerven.

17) Dasselbe Gesetz beobachtet man sehr leicht an Muskelfleisch vom Kaninchen, der Taube, dem Schley (*Cypr. Tinca*), vorzüglich aber an den mit besonderer Energie elektromotorisch wirksamen Abdominalmuskeln des Flufskrebses.

18) Diefs Gesetz giebt ein Mittel an die Hand, das Galvani'sche Experiment ohne Metalle in seiner einfachsten und lehrreichsten Form anzustellen. Man präparirt einen Gastrocnemius vom Frosch mit seinem Nervenstamm vom Becken ab frei heraus, beugt den Nerven an seiner Insertionsstelle in den Muskel gegen diesen um, und läfst ihn der Länge nach langsam dergestalt herabsinken, dafs immer neue, nach dem centralen Stumpf des Nerven zu gelegene Punkte desselben mit immer neuen, nach dem Schwanzende des Muskels zu gelegenen Punkten in Berührung kommen. So lange nur Aufsenfläche berührt wird, bleibt Alles in Ruhe; bei gehöriger Reizbarkeit erfolgt dagegen die Zuckung, sobald der Nerv die glänzende Ausbreitung der Achillessehne, d. h. einen den Querschnitt des Muskels bedeckenden indifferenten feuchten Leiter erreicht.

19) Augenscheinlich haben wir hier den Schlüssel zu Matteucci's jüngsten mir bekannt gewordenen hieher gehörigen elektro-physiologischen Untersuchungen gefunden, welche derselbe durch Dumas in der Sitzung der Pariser Academie der Wissenschaften vom 21. Febr. d. J. hat vorlegen lassen, und welche im *Journal l'Institut*, *No.* 426, mitgetheilt sind. »Wenn der frei heraus präparirte Nerv eines Froschschenkels in eine Muskelwunde irgend eines lebenden Thiers versenkt und in derselben bewegt wird (*pour peu qu'on remue*), so zuckt der Schenkel. Auch entstehen Zuckungen, wenn, während das freie Ende des Nerven den Grund der Wunde berührt, ein anderer Punkt desselben den Wundlippen

genähert wird. Bei Einführung der einen Platinplatte des Multiplicators in die Wunde, während die andere die Oberfläche des Muskels berührt, entsteht ein Ausschlag von 20° bis 30°, dessen constante Richtung einen Strom von Innen nach Aufsen in der Substanz des Muskels anzeigt.« Aus seinen sämmtlichen Versuchen zieht alsdann Matteucci folgenden Schlufs: »Wird das Innere einer Muskelmasse (*l'intérieur d'une masse musculaire*) oder der zu derselben gehörige Nerv, oder überhaupt irgend ein Theil des Nervensystems mit der Oberfläche dieser Muskelmasse mittelst eines leitenden Bogens in Verbindung gesetzt, so bewegt sich ein Strom in der Substanz der Organe vom Innern der Muskelmasse oder von dem Nerven nach ihrer Oberfläche oder Sehne hin.« Und a. a. O. No. 461: »*Si l'on met à nu l'un des muscles, soit de la poitrine, soit de la cuisse, d'un pigeon vivant, qu'on coupe ce muscle transversalement, puis, qu'on établisse en contact avec lui les nerfs d'une cuisse préparée de grenouille, cette cuisse éprouve sur le champ une contraction* . . . . «

20) Ein Stück *N. ischiadicus* vom Frosch oder vom Kaninchen wirkt elektromotorisch nach demselben Gesetz wie ein Stück Muskelfleisch. Berührt der indifferente leitende Bogen zwei Punkte der Aufsenfläche des Nerven, oder seine beiden Stümpfe, so wird kein Strom bemerkbar seyn; derselbe tritt sogleich hervor, und zwar in gleicher Richtung, obschon viel schwächer, als am Muskelfleischriemen, wenn der indifferente leitende Bogen einen Punkt der Aufsenfläche des Nerven mit einem Punkte seines Querschnitts in Verbindung setzt. Also auch das Innere des Nerven ist, wie das des Muskels, scheinbar gegen die von der Axe entfernteren Theile negativ.

21) In Bezug auf Matteucci's Angabe, die Nerven vermöchten das Innere der Muskelmassen im elektromotorischen Effect zu ersetzen, ist zu erinnern, dafs dieselben, gleich dem Sehnengewebe, in solchen Fällen

als indifferente feuchte Leiter fungirend, bald Querschnitt, bald Aufsenfläche des Muskels zu ersetzen im Stand seyn würden, wenn nicht der Eintritt eines Nerven in seinen Muskel durch die Sehne die morphologisch unstatthafte Bedingung des ersteren Verhaltens wäre. Daher, so oft ich bisher diesem Umstand meine Aufmerksamkeit geschenkt habe, ich stets gefunden habe, dafs der Nerv als Aufsenfläche des Muskels fungirte.

22) Aus den morphologischen Verhältnissen im Verein mit dem unter (12) angemerkten Umstand folgt, dafs es nicht möglich ist, weder am Gesammtmuskel noch am blofsen Muskelfleischriemen unmittelbar das positive Element des thierischen Elektromotors mit dem Ende des indifferenten leitenden Bogens in Berührung zu bringen. Aus Ursachen, welche aus (33) einigermafsen einleuchten werden, ist es eben so wenig möglich, des im Querschnitt wirksamen negativen Substrats unmittelbar habhaft zu werden.

23) Es ist bereits unter (3) angedeutet worden, dafs es sich am Gesammtfrosch nicht um ein blofs Spannung setzendes elektromotorisches Moment handle, wie diefs aus sämmtlichen früheren Untersuchungen am Frosche bisher einzig hervorging, sondern, da die Haut nebst den darunter befindlichen Lymphsecen fortwährend Gelegenheit zur Ausgleichung dieser Spannung darbiete, um einen continuirlich kreisenden Strom. Wir erfahren aus (22), dafs dasselbe sogar am blofsen Muskelfleischriemen, geschweige denn an dem mit den Sehnen und seinen sämmtchen Bindegewebscheiden noch versehenen unversehrten Muskel der Fall sey. Folglich ist jeder Strom, den man mit Hülfe eines dieser thierischen Elektromotore an der in den indifferenten leitenden Bogen eingeschalteten stromprüfenden Vorrichtung darzustellen vermag durch Nebenschliefsung gewonnen.

24) Bei dem an und für sich geringen Moment der hier in's Spiel kommenden Ströme ist diefs beiläufig der

Grund, weshalb hier nie, wie bei den elektromotorischen Fischen, elektroskopische Wirkungen wahrgenommen werden können.

25) Denkt man sich einen kupfernen, an den Grundflächen roth gelassenen, am Mantel aber verzinkten Cylinder mit einer Schicht eines feuchten Leiters überzogen, so hat man zunächst ein deutliches Bild von dem an der Aufsenfläche gegen den Querschnitt positiven Muskelfleischriemen. In der That, werden zwei dem Mantel des Cylinders entsprechende Punkte des feuchten Leiters mit den Enden unseres indifferenten leitenden Bogens in Berührung gebracht, so bleibt an der stromprüfenden Vorrichtung das Gleichgewicht ungestört; dasselbe ist der Fall, wenn die berührten Punkte des feuchten Leiters den rothgebliebenen Grundflächen entsprechend sind. Das Gleichgewicht wird dagegen sogleich gestört erscheinen, wenn der eine Punkt über die Zink-Kupfergränze fort in die dem heterogenen Metall entsprechende Flüssigkeitszone hinausgerückt wird.

26) Es folgt, dafs, wenn beide Punkte hart an dieser Gränze entweder beide über Kupfer oder beide über Zink gelegen sind, eine äufserst kleine Verrückung des einen oder des anderen hinreichend seyn wird, um in dem sie verbindenden leitenden Bogen einen Strom, und zwar bald in dieser, bald in jener Richtung hin, zu erregen.

27) Mit vorläufiger Vernachlässigung der unter (15) und (16) mitgetheilten Thatsachen sind also die Muskeln, anscheinend in ihrem Innern negativ gegen ihre Aufsenfläche, solch einem Cylinder zu vergleichen. Allein die complicirten Formverhältnisse der organischen Körper erlauben nicht, eine exacte Analyse der Ursachen anzustellen, weshalb zwei einander ziemlich ähnlich gebaute Muskeln, bei Berührung ihrer Sehnen mit den Enden des indifferenten leitenden Bogens, der eine nach dieser, der andere nach jener Richtung elektromotorisch wirksam sind.

Da es aber in diesen Fällen möglich ist durch sehr geringe Verrückung der Berührungspunkte bald den Strom verschwinden zu machen, bald Wirkungen in dieser, bald endlich in jener Richtung nach Willkühr zu erlangen; da man ferner bei Herstellung einer regelmäfsigen Form mittelst des Messers stets und ohne Ausnahme das oben ausgesprochene Gesetz bestätigt findet, so liegt es auf der Hand, dafs auch bei jenen Wirkungen an keine andere Heterogeneität zu denken sey, als an die zwischen Aufsenfläche und Querschnitt, und dafs es dem besagten Umstand allein zugeschrieben werden müsse, wenn es nur selten glückt, einen deutlichen Zusammenhang zwischen der natürlichen Form des Muskel-Elektromotors und der ursprünglichen Strömungsrichtung nachzuweisen.

28) Dafs man bei oberflächlicher Untersuchung vom Gastrocnemius und dem grofsen Unterschenkelstrecker mit seinen verschiedenen Köpfen stets einen Strom in gleicher Richtung als der Strom am Gesammtfrosch und dem Galvani'schen Präparat, d. h. anscheinend nach der Cerebrospinalaxe hin, erhält, leuchtet aus den Formen dieser Muskeln und der mechanischen Construction der Enden des indifferenten leitenden Bogens, auf die Jeder von selbst geführt wird, auf den ersten Blick ein. In der That machen diese Formen, dafs man am Schwanzende der Muskeln stets die silberglänzenden Ausbreitungen der Achillessehne und der entsprechenden Sehne des dem Gastrocnemius höchst ähnlich gebauten grofsen Unterschenkelstreckers, d. h. Querschnitt, an dem Kopfende aber, wo die Anheftungen der Primitiv-Muskelbündel gröfstentheils tief im Innern des Fleisches verborgen liegen, stets Aufsenfläche mit den Enden des indifferenten leitenden Bogens in Berührung bringt. Es gelingt übrigens sehr leicht, durch Schnitte, welche in passender Weise geführt sind, an beiden Muskeln Flächen darzustellen, zwischen welchen und den Ausbreitungen ihrer Schwanzsehnen keine Strömung, zwischen denselben aber und

Punkten der Aufsenfläche der Muskeln Strömung in umgekehrter Richtung wie an den unversehrten Muskeln stattfindet. Auch durch bloſse Verrückung der Berührungspunkte mit den Enden des leitenden Bogens, welche jedoch hier in gröſserem Maaſsstab ausgeführt werden muſs, kann man analoge Resultate erzielen.

29) Aus Vorstehendem ist ferner deutlich, daſs die ganze übrige Masse des Frosches für jeden einzelnen Muskel, den man in der Vorstellung fixirt, Schlieſsung, folglich in Rücksicht auf den indifferenten leitenden Bogen, Nebenschlieſsung bildet.

30) Wäre nun auch diese ganze übrige Masse elektromotorisch indifferent, wer würde sich getrauen an diesem so complicirt geformten feuchten Leiter diejenigen Punkte, die dem Zink, d. h. der Aufsenfläche des einzig wirksam gedachten Muskels, und diejenigen, welche dem Kupfer, d. h. dem natürlichen Querschnitt dieses Muskels, entsprechen, endlich die Zink-Kupfergränze, um uns dieser schematischen Ausdrucksweise zu bedienen, auch nur annäherungsweise zu bestimmen? — Der Stand der Wissenschaft erlaubt dieſs nicht, und somit ist die Nothwendigkeit ausgesprochen, auf eine exacte Auseinandersetzung der Art und Weise, wie die constante Strömungsrichtung am Gesammtfrosch und am Galvani'schen Präparat scheinbar nach der Cerebrospinalaxe hin zu Stande kommt, gänzlich zu verzichten; eine Nothwendigkeit, die noch einleuchtender wird, wenn man in Erwägung zieht, daſs die elektromotorische Thätigkeit vielmehr auf sehr verschiedenen Punkten in dem Körper des Frosches gegenwärtig ist, daſs es daher gar nicht eine, sondern doppelt so viele Zink-Kupfergränzen geben müsse, als es zusammengehörige Systeme von Muskeln, deren natürliche Querschnitte ungefähr nebeneinander zu liegen kommen, giebt, und daſs ein jedes solches System als ein einziger Muskel von auſserordentlich complicirtem Bau, und von ganz unbestimmbar modellirten End-Quer-

schnitten zu betrachten ist. Ich halte die entsprechende Bestimmung erwähntermafsen bereits an den doch ungleich einfacher gestalteten einzelnen Muskeln des Frosches für unausführbar.

31) Die am Frosch anfänglich so wunderbar entgegentretende Beharrlichkeit des Stroms anscheinend nach der Cerebrospinalaxe seinen Weg zu nehmen, kann nach alle dem nicht mehr anders denn als eine täuschende Zufälligkeit erscheinen. Man thut daher besser, die Richtung des Stroms in dem Bogen, als, wie Nobili und Matteucci es thaten, die scheinbare in der Substanz der thierischen Elektromotore anzugeben.

32) Von Einflufs auf den Muskelstrom sind folgende Umstände:

1. Die Muskelcontraction. Matteucci hatte in seinem *Essai sur les phénomènes électriques des animaux; Paris* 1840. *p.* 81. 82 angezeigt, dafs im Tetanus der Froschstrom verschwinde. Ich habe mich durch eine grofse Anzahl der sorgfältigsten Versuche, zu denen ich auf die unter (18) beschriebene Art präparirte Gastrocnemien vom Frosch benutzte, welche ich nach Nobili's Angabe (*Ann. de chim. et de phys. XLIV*, *p.* 89) vom Nerven aus tetanisirte, und mich dabei der Methode der Compensation bediente, auf's bestimmteste überzeugt, dafs in der That während heftiger und andauernder Zusammenziehungen der Strom zwar bei weitem nicht verschwindet, allein doch merklich an Intensität abnimmt. Dasselbe fand ich mittelst der unsicheren, von Matteucci angewandten Methoden, den Gesammtfrosch durch Strychninintoxication, und das galvanische Präparat durch schnelle Präparation in Tetanus zu versetzen, bestätigt. Auch habe ich mich zu überzeugen nicht versäumt, dafs diese Abnahme des normalen Stroms nicht daher rühre, wie man wohl hätte vermuthen können, dafs während der Muskelzusammenziehung ein in umgekehrter Richtung wie der normale Strom des Gesammtfrosches, des Gal-

vanischen Präparats und des Gastrocnemius, nämlich von der Cerebrospinalaxe nach der Peripherie verlaufender Strom den normalen Strom zum Theil compensire. Eine Deutung dieses Einflusses der Muskularcontraction auf den Strom findet sich unter (49) mitgetheilt. Wie sich der Strom des Nerven verhalte, während das Nervenagens in Thätigkeit ist, bleibt zu untersuchen übrig.

33) 2. Die Todtenstarre. Der todtenstarre Muskel büfst kurze Zeit nachdem die Reactionsfähigkeit verloren gegangen ist, seinen Strom ein. Auf einem künstlichen Querschnitt stirbt vermuthlich eine dünne Schicht sogleich ab (22). Ein analoger Vorgang wird sich wahrscheinlich an den Nerven nachweisen lassen, wo das Erscheinen der sogenannten Gerinnsel im Innern der Primitivröhren der Todtenstarre solcher Gewebe, welche flüssigen Faserstoff enthalten, entsprechen dürfte.

34) 3. Die Sepsis, das Vertrocknen etc. Der einmal wegen Todtenstarre verschwundene Strom kehrt nicht zurück. Er ist eine lediglich dem lebendigen Gewebe angehörige Erscheinung.

35) 4. Ich habe eine grofse Anzahl von Versuchen angestellt, deren Resultate sämmtlich nur als Corollarsätze zu (33) zu betrachten sind, indem sie auf die Wirkungsweise verschiedener deletärer Agentien Bezug haben, welche stets darauf hinausläuft, dafs die Todtenstarre oder ein ihr entsprechender, mit dem Verlust der Lebenseigenschaften verknüpfter Zustand durch dieselben in kürzester Zeit herbeigeführt wird. Die Reactionsfähigkeit, und bald darauf der Strom eines Muskels werden vernichtet:

a) Durch heftige elektrische Schläge.

b) Durch Gefrieren des Muskels.

c) Durch Immersion in warmes Wasser, und durch Aussetzung in Wasserdämpfen von bestimmter Temperatur.

d) Siedhitze.

e) Folgende bis jetzt erprobte Reagentien: Alkoholhaltige (*Ph. Bor.*) und alkoholfreie, ziemlich concentrirte Blausäure. Essigsaures Strychnium. *Extr. Nuc. Vom.* (*aq.*). Essigsaures Morphium. *Extr. Op. aq.* Arsenige Säure. Salpetersäure. Salpetrige Säure. Essigsäure. Kalihydrat. Kohlensaures Kali. Chlornatrium. Sublimat. *Liq. Chlor. Stib. Ph. Bor.* Salpetersaures Silberoxyd. Schwefelsaures Kupferoxyd. Bleiessig *Ph. Bor.* Schwefelwasserstoff-Ammoniak. Chlorwasser *Ph. Bor.* Destillirtes Wasser. Alkohol. Schwefeläther.

36) Aus der ganzen (von 33 bis 35) angedeuteten Versuchsreihe folgt, dafs zur wahrnehmbaren Muskelzusammenziehung eine gröfsere Integrität des Muskelgewebes gehört, als zur elektromotorischen Wirkung desselben. Da indessen die Contraction erst wahrnehmbar zu werden beginnt, wenn ihr Moment grofs genug geworden ist, um Masse, Steifigkeit und Adhäsion des aufliegenden contractilen Organs zu überwinden, so wäre es denkbar, dafs Contraction und Strom als Minima durchaus gleichzeitig verschwänden.

37) Der Einflufs der Todesarten des Gesammtfrosches (Intoxication mit Blausäure, salpetersaurem Strychnium, *Tinct. Op. simpl.*, *Commotio cerebri*, Decapitation, Krankheit u. s. f.) auf den Muskelstrom ist abhängig von dem Einflufs dieser Todesarten auf das frühere oder spätere Eintreten der Todtenstarre, d. h. des Muskeltodes. Diefs im Verein mit Brücke's Bemerkung in Müller's Archiv, 1842, S. 185, ist unstreitig die Deutung der Behauptung Matteucci's, dafs der im Tetanus wegen Strychninvergiftung verschwundene Strom überhaupt nicht wiederkehre. *Essai etc.*, *p.* 82.

38) Was die Ursache des Stroms betrifft, so giebt folgender Versuch einen schätzbaren Fingerzeig an die Hand, um derselben auf die Spur zu kommen. Ich habe bereits oben unter (3) angedeutet, dafs die aufserordentlich geringe Intensität des Froschstroms am nicht enthäu-

teten, sowohl frisch getödteten als noch lebendigen Frosch nur zum kleinsten Theil dadurch bedingt sey, dafs die Haut in Rücksicht des indifferenten leitenden Bogens, in welchen die stromprüfende Vorrichtung eingeschaltet ist, Nebenschliefsung bilde. Zieht man dem einmal enthäutet gewesenen Frosch die Haut wieder über, so bleibt der Strom ungleich gröfser, als er vor dem Abziehen gewesen war, wenn er auch wirklich durch ihre Gegenwart geschwächt erscheint, wie es denn möglich ist, durch eine Theden'sche Einwicklung mittelst schmaler, mit irgend einer gut leitenden Flüssigkeit getränkten Fliefspapierstreifen dem Frosch alle Wirksamkeit in dem indifferenten leitenden Bogen zu benehmen. Die relative Gröfse des Stroms vor und nach dem Abziehen der Haut schätzt man durch Vergleichung der Stromintensitäten vor dem Abziehen und nach dem Wiederüberziehen der Haut.

39) Es ist kein Grund vorhanden anzunehmen, dafs das Abziehen der Haut anders zur Verstärkung des Muskelstroms beitrage, als durch die freigegebene Berührung mit der atmosphärischen Luft.

40) Da auch der unversehrte lebendige Frosch sich schwach elektromotorisch wirksam erweist, und da aus den Versuchen mit Ketten aus mehr als Einem flüssigen Leiter hervorgeht, dafs concentrirtes Alkali sich zu verdünntem verhält, wie Alkali gegen Säure (Fechner, Lehrbuch des Galvan. und der Elektroch. 1829, S. 452), was freilich noch der Bestätigung in Betreff der verschiedenen Concentrationsgrade des Eiweifses bedürfte; da ferner auch der künstliche Querschnitt sich negativ gegen die Aufsenfläche verhält, so scheint es zuvörderst unmöglich, das Phänomen des Muskelstroms auf eine solche, durch Eintrocknen des Eiweifses an der Aufsenfläche gesetzte Differenz zurückzuführen; wobei übrigens die Abnahme desselben bei der Contraction, seine Unveränderlichkeit während des Lebens, und sein spurloses

Verschwinden nach dem Tode des Muskels ganz unerklärt bleiben würden.

41) Eben so wenig dem Thatbestand entsprechend würde die Annahme seyn, in Berührung mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft, von dem allein begreiflich die Rede hier seyn kann, erlitten die Muskeln irgend welche Veränderung ihrer Aufsenfläche, der nämlich ihr Inneres, folglich ihr künstlicher Querschnitt, nicht fähig wäre. So sehe man noch im Stadium der Sepsis blafsgelbe Gesichtsmuskeln während der Präparation durch Berührung mit der atmosphärischen Luft eine Veränderung eingehen, vermöge welcher sie gelbroth werden. Durch die Haut hindurch erlitten die Muskeln die den Muskelstrom bedingende Differenzirung auch am unversehrten lebendigen Frosch in sehr geringem Grade. Diese Annahme widerlegt sich aus den unter (15) und (16) beschriebenen Erfahrungen.

42) Dafs ich in Folgendem zu verschiedenen Malen den Boden der unmittelbaren Erfahrung verlasse, ist mir wohl bewufst; allein die Hypothesen, welche ich mitzutheilen gedenke, tragen einmal das Gepräge einer hohen Wahrscheinlichkeit an sich, zweitens eröffnen sie die Aussicht auf eine Reihe der interessantesten Untersuchungen. Ich vorenthalte sie folglich nicht.

Die Schwierigkeiten, welche aus (15) und (16) für die so eben auseinandergesetzte Annahme (41) hervorgehen, fallen sämmtlich fort, wenn man sich vorstellt, dafs nicht der Querschnitt des Gesammtmuskels es sey, welcher sich negativ verhalte gegen die Aufsenfläche desselben, folglich auch nicht das Gesammtinnere des Muskels, welches unfähig sey, in Berührung mit der atmosphärischen Luft dieselbe Veränderung, wie die Aufsenfläche, einzugehen, was eben der Erfahrung widerspricht; sondern dafs das wesentlich negative Element in jenem Querschnitt das darin blofsgelegte Innere der Primitiv-Muskelbündel oder der secundären Muskelzellen sey, welches

ches sich negativ verhalte gegen die Aufsenfläche derselben, und unfähig sey, die bezeichnete Veränderung zu erleiden. Die freien Enden der Primitiv-Muskelbündel, die den natürlichen Querschnitt bilden, sind gleichfalls dieser Veränderung unfähig. Annehmen, dafs dieselben durch ihre natürliche Bedeckung mit Sehnengewebe dagegen geschützt seyen, wäre physikalisch unstatthaft.

43) Eine einfache Construction zeigt, dafs der unter (27) als Schema der Muskelelektromotoren angesprochene kupferne, am Mantel verzinkte, an den Grundflächen roth gebliebene, mit einer Schicht eines feuchten Leiters überzogene Cylinder ersetzt werden könne durch ein bündelförmiges System kupferner, am Mantel verzinkter, an der Grundfläche roth gebliebener, in dieselbe Masse des feuchten Leiters getauchter, nirgends sich metallisch berührender cylindrischer Stäbe, ohne dafs dadurch in der Richtung und Lage der Resultanten der Curven, in welchen man sich die Ausgleichung der Spannungen auf allen Punkten des feuchten Leiters vor sich gehend zu denken hat, eine wesentliche Veränderung bedingt würde. Die Intensität des in dem indifferenten leitenden Bogen gegenwärtigen Stroms würde ceteris paribus vermehrt seyn (67. 76).

44) Augenscheinlich erfüllt ein solches System die Bedingung, die der einzelne Cylinder unerfüllt liefs, beim Zerschneiden desselben seiner Axe nach gleich dem Muskel mit der neuen Schnittfläche sich wie Aufsenfläche zu verhalten. Wir haben dasselbe folglich bis auf Weiteres (59) als das treueste Schema der Muskelelektromotoren anzusehen.

45) Matteucci's unter (19) mitgetheilte Erfahrungen können nicht als Beweis angeführt werden, dafs das Innere des Muskels überhaupt sich negativ gegen die Aufsenfläche verhalte, d. h. dafs das Schema des einfachen Cylinders das richtige sey. Selbst wenn Matteucci sich hätte angelegen seyn lassen, die Muskeln

nur nach der Längsrichtung der Primitiv-Muskelbündel zu spalten, könnte billigerweise daran gezweifelt werden, dafs diefs an einer Muskelmasse eines lebenden Thieres geglückt sey; denn abgesehen davon, dafs die Radiation der Fasern in einer solchen aus mehreren Muskeln bestehenden Fleischmasse, namentlich bei höheren Thieren, fast unmöglich genau in Acht zu halten ist, will noch bedacht seyn, dafs der gereizte Muskel sich unter dem Messer blitzschnell zusammenzieht, und dafs die zickzackförmig eingeknickten Bündel sich der Schneide, die ihrer allgemeinen Richtung parallel geführt wird, alsdann doch stets unter mehr oder weniger grofsen Winkeln darbieten, wie diefs sogar beim Zerschneiden längst frei präparirter noch reactionsfähiger Muskeln der Fall zu seyn pflegt.

46) Mittelst derselben Argumentation a fortiori, durch welche wir oben (30) die Unmöglichkeit, eine vollständige Erklärung der constanten Strömungsrichtung am Gesammtfrosch zu geben, einsichtlich zu machen suchten, können wir jetzt die Schwierigkeiten hervorheben, welche sich dieser Bestimmung bereits an den einzelnen Muskeln eines Thiers entgegensetzen (27. 30). In der That bildet — wenn anders unsere Unterstellung der Wirklichkeit gemäfs ist — die ganze übrige Masse eines Muskels für jedes einzelne Primitiv-Muskelbündel, welches in der Vorstellung fixirt wird, Schliefsung; woraus es leicht erscheint, die angedeuteten Consequenzen zu entnehmen.

47) Für jedes einzelne Primitiv-Muskelbündel bildet die ganze übrige Masse des Frosches Schliefsung.

48) Jetzt erklären sich ungezwungen mehrere nach der ersten Annahme, wonach der Muskel mit dem einfachen am Mantel verzinkten Kupfercylinder verglichen wurde, nicht leicht zu deutende Besonderheiten. Aus (46) folgt, dafs die ganze übrige Masse eines Muskels in Rücksicht des indifferenten leitenden Bogens, in wel-

chen die stromprüfende Vorrichtung eingeschaltet ist, für jedes in Gedanken festgehaltene Primitiv-Muskelbündel Nebenleitung bilde. Dann aber ist es nach den Ohm'schen Grundsätzen (Die galvanische Kette, S. 70. 193, §. 28) klar, dafs sich eine Gröfse des Muskels denken läfst, bei welcher der Leitungswiderstand dieser Nebenschliefsung gegen den des indifferenten leitenden Bogens dergestalt verschwindend würde, dafs die Intensität des in letzterem gegenwärtigen Stromarmes =0 würde. Diefs ist die Deutung des von Matteucci richtig angemerkten Umstands, dafs die Intensität des Stroms mit dem Gewicht an Muskelfleisch, wovon er ausgeht, keineswegs im geraden Verhältnisse wächst. *L'Institut, No.* 426.

49) Die Abnahme des Muskelstroms im Tetanus erklärt sich dann vielleicht so, dafs, da die ganze Masse des Muskels Nebenschliefsung für den Strom jedes einzelnen Primitiv-Muskelbündels bildet, diese Masse aber im Tetanus an Querschnitt zu-, an Länge ab-, folglich an Leitungswiderstand abnimmt, der Stromarm in dem leitenden Bogen an Intensität abnehmen mufs. — Es läfst sich dagegen einwenden, dafs diese Veränderung des Widerstandes beim Tetanus ganzer Glieder zu geringfügig ist, als dafs darauf Rücksicht genommen werden könnte. Messende Versuche sind unmöglich. — Während heftiger und andauernder Zusammenziehungen der Arm-, Schulter- und Brustmuskeln des menschlichen Körpers erleidet der Widerstand desselben keine wahrnehmbare Veränderung.

50) Auch der Nervenstrom beruht nun wahrscheinlich auf einer an den Primitiv-Nervenröhren oder secundären Nervenzellen durch den Zutritt der atmosphärischen Luft gesetzten Veränderung, wobei jedoch der Inhalt derselben, welcher auf dem Querschnitt als negatives Element erscheint, unbetheiligt bleibt.

51) Was die Bestimmung dieser Veränderung selbst,

d. h. der nächsten Ursache des Muskel- und Nervenstroms, betrifft, so folgt erwähntermaſsen (41) aus (4), daſs dieselbe auch am lebendigen unversehrten Frosch vor sich gehen können müsse. Aus (33 bis 37) ging andererseits hervor, daſs sie ein nur an dem lebendigen Gewebe stattfindendes Phänomen sey. Es ist daher äuſserst unwahrscheinlich, daſs dieselbe ein dem Proceſs des Lebens selbst fremder, in dem Falle (4) dem in voller Integrität fortwirkenden Organismus durch die äuſseren Bedingungen nur vorübergehend, während des Aufenthaltes an der Luft, aufgedrungener Vorgang sey. Es scheint vielmehr, als müsse eine jede derartige Veränderung durch den unablässig kreisenden Strom des Blutes augenblicklich dergestalt verwischt werden, daſs eine merkliche elektromotorische Wirkung niemals zu Stande kommen könne. Bedenkt man nun, daſs die durch das Abziehen der Haut möglich gemachte Berührung der atmosphärischen Luft mit den Muskeln, das einzige bisher bekannt gewordene Mittel zur Verstärkung des Muskelstroms ist, so läſst sich doch wiederum die Ansicht nicht von der Hand weisen, daſs in dieser Berührung das ursächliche Moment der ganzen Erscheinung überhaupt auch auf ihrer niedrigeren Stufe im lebendigen unversehrten Frosch zu suchen sey. Die dem Leben eigenthümliche Veränderung aber, welche die Berührung mit der atmosphärischen Luft zur nächsten Bedingung hat, ist das Athmen.

52) Pouillet hat gezeigt (*Ann. de chim. et de phys. XXXV p.* 401), daſs, wo immer sich Kohle mit Sauerstoff zu Kohlensäure verbindet, die Kohle oder der kohlenhaltige Körper negativ elektrisirt zurückbleibt, während die Kohlensäure, welche auf und davon geht, positiv elektrisirt ist. Denkt man sich einen nassen Faden zwischen Pouillet's brennendem Kohlencylinder und der Messingscheibe angebracht, welcher die Kohlensäure in jenem Experiment die positive Elektricität abgab, so werden die condensirenden Elektroskope, wel-

che beziehlich mit dem Cylinder und der Scheibe in leitender Verbindung stehen, zusammenfallen, und es wird in dem Faden ein continuirlicher Strom in der Richtung vom Messing zur Kohle gegenwärtig seyn müssen.

53) Denkt man sich ferner, was in Wirklichkeit nicht ausführbar ist, dafs ein Cylinder aus Kohle, in einer sauerstoffhaltigen leitenden Flüssigkeit befindlich, an allen seinen Berührungspunkten mit dieser Flüssigkeit in einem Combustionsprocefs begriffen sey, dessen Product Kohlensäure sey; so wird zwischen dem negativ elektrisirten Cylinder und der positiv elektrisirten Flüssigkeit das Nämliche vor sich gehen müssen, was nach der Lehre von der Contactelektricität bei der Berührung zweier heterogener Metalle vor sich geht; je nachdem nämlich die positiv elektrisirte Flüssigkeit mit dem Leiter von unendlicher Capacität der Erde in Verbindung stände oder nicht, würde dieselbe nicht merklich oder mit einer Kraft *a* elektroskopisch wirksam seyn, während der Cylinder beziehlich auf diese Fälle mit einer Kraft 2*a* oder *a* elektroskopisch wirksam seyn würde.

54) Hörte dann für einen Theil der Berührungspunkte zwischen Cylinder und Flüssigkeit, z. B. an den beiden Grundflächen desselben, der Combustionsprocefs plötzlich auf, so würde das Nämliche stattfinden müssen, was oben (52) durch das Anlegen des feuchten leitenden Bogens an Cylinder und Messingscheibe bewirkt wurde; es würden nämlich die Elektroskope, welche die Spannungen der an der Gränze des Cylinders auseinandergehaltenen Elektricitäten anzeigten, zusammenfallen, und in der Flüssigkeit derselbe Strömungsvorgang stattfinden müssen, der oben in dem nassen Faden stattfand; es würde übrigens dieser Strömungsvorgang ceteris paribus mit demjenigen übereinkommen, der in dem feuchten Leiter durch die Gegenwart eines kupfernen, an den Grundflächen roth gebliebenen, am Mantel verzinkten Cylinders hervorgebracht werden würde.

55) Der Procefs des Athmens besteht darin, dafs

Sauerstoff im Innern der Gewebe in Kohlensäure umgewandelt wird. Für die Theorie des Athmens würde es von Wichtigkeit seyn, zu ermitteln, ob das Gesetz, welches Brücke in Betreff der in nicht mischbaren Flüssigkeiten aufgelösten starren Körper geltend gefunden hat (*De diffusione humorum per septa mortua et viva. Berol.* 1842, *p.* 33 *sqq.*), auch für aufgelöste Gase stattfindet.

56) Stellt man sich vor, dafs die Umwandlung des Sauerstoffs in Kohlensäure im Innern der Gewebe nur an der Gränze der Zellen, aus welchen dieselben bestehen, vor sich geht, so ist es leicht, aus (53) und (54) die Folgerungen zu entnehmen, die alsdann in Betreff ihres elektromotorischen Verhaltens, entsprechend den in diesen Nummern bezeichneten einzig denkbaren beiden Fällen, gemacht werden können.

57) Man sieht zunächst, dafs die Zellen an allen Punkten ihrer Oberfläche den, vermöge des Kreislaufs sich stets erneuernden Sauerstoff unablässig in Kohlensäure verwandelnd in ihrem Innern negativ elektrisirt seyn müfsten, während, bei Isolation des Gesammtzellenorganismus, und abgesehen von der durch Verdunstung der sauren und alkalischen thierischen Flüssigkeiten freiwerdenden Elektricität, derselbe nach Aufsen mit entgegengesetztem Zeichen elektroskopisch wirksam seyn würde (53). Diefs scheint unmittelbar seine Anwendung zu finden auf die in sich wiederkehrenden Formelemente des unversehrten Nervensystems, an welchem daher künstlich Querschnitte angelegt werden müssen, wenn der unter (54) beschriebene Fall beobachtet werden soll.

58) Die Primitiv-Muskelbündel würden nach dieser Ansicht die Seltsamkeit darbieten, dafs ihre, in dem natürlichen Querschnitt des Muskels gelegenen freien Enden des Athmungsprocesses, d. h. der Verwandlung des Sauerstoffs in Kohlensäure unfähig wären. Auf diesem Umstand beruhte denn, *en dernière analyse*, der *courant*

inverse propre de la grenouille. Da man *durch den Thatbestand gezwungen ist, irgend welche Heterogeneität zwischen diesen freien Enden und der Aufsenfläche des Muskels anzunehmen*, so dürfte diese, allen übrigen Anforderungen Genüge thuende Hypothese vor der Hand die beste seyn.

59) Das oben (44) als treuestes Schema eines Muskelelektromotors dargestellte bündelförmige System von kupfernen, am Mantel verzinkten, an der Grundfläche roth gelassenen, in den feuchten Leiter versenkten, nirgends sich metallisch berührenden cylindrischen Stäben wird nun dahin abgeändert werden müssen, dafs wir statt der metallenen Stäbe uns Kohlencylinder, wie den (53. 54) beschriebenen, dasselbe zusammensetzend denken.

60) Die Vergröfserung des Muskelstroms beim Abziehen der Haut beruht darauf, dafs alsdann der Muskel sich nicht mehr mit der geringen Sauerstoffmenge zu begnügen hat, welche ihm mit dem arteriellen Blut zugeführt wird, und aufserdem die übrigens auch von Blut durchströmte Haut durchdringt, sondern dafs nun die Aufnahme von Sauerstoff und seine Umwandlung zu Kohlensäure in relativ unbeschränkter Weise vor sich gehen kann.

61) Bewährt sich die hier dargestellte Ansicht ferner in der Wirklichkeit, so ist kaum zu bezweifeln, dafs auch noch von anderen Geweben, als dem Nerven- und Muskelgewebe, elektromotorische Wirkungen erhalten werden können. In der That habe ich bereits an frisch präparirten Schenkel- und Oberschenkelknochen des Frosches in äufserst geringem Grade Negativität des Querschnitts gegen die Aufsenfläche wahrgenommen. Bei solchen Geweben, an denen Fasern sich nicht wenigstens in parallelen Ebenen kreuzen, würde man auf die Wahrnehmung elektroskopischer Wirkungen, d. h. abgesehen von dem bereits oben (57) angemerkten Umstand betreffend die durch Verdunstung freiwerdende Elektricität, freier + Elektricität im Zustande der Isolation be-

schränkt seyn. — Die Untersuchung, ob auch an anderen Geweben mit frei endenden Fasern, wie am Muskelgewebe, Heterogeneität des natürlichen Querschnitts und der Aufsenfläche stattfindet, hat Wichtigkeit in Bezug auf die Motivirung der unter (63) zu stellenden Frage. — Vergl. endlich, was Pflanzen betrifft, Pouillet a. a. O. *p.* 414 und Becquerel, *Traité expérimental de l'Electricité et du magnétisme*, *IV*. *p*. 164.

62) Ich habe eine Reihe von Versuchen über das Verhalten des Muskelstroms während des Aufenthalts der Muskeln in verschiedenen Gasarten angestellt. Es scheint nämlich, als ob der Strom, wenn anders seine Gröfse eine Function der Intensität des Athmungsprocesses ist, verschwinden müsse, wenn der Muskel in einer Stickgas-, Wasserstoff-, oder Kohlensäure-Atmosphäre allen freien Sauerstoff von sich gegeben hat; dafs er dagegen zunehmen müsse, wenn der Athmungsprocefs in einer Sauerstoff- oder Stickstoffoxydul-Atmosphäre das Maximum seiner Lebendigkeit erreicht. In der That hatte ich bereits in allen diesen Fällen die erwarteten Wirkungen mit der täuschendsten Uebereinstimmung erfolgen sehen, als ich auf Umstände aufmerksam wurde, welche diese gleichwohl anscheinend mit allen Cautelen gemachten Beobachtungen, wenigstens in Betreff des Stickgases und der Kohlensäure, in der Art verdächtigten, dafs ich die Nothwendigkeit einsah, eine andere Methode des Experimentirens in Anwendung zu bringen, und bei der ungemeinen Vorsicht, welche Untersuchungen in diesem Gebiet verlangen, mich nicht getraue, für die Exactitüde jener schon gewonnenen Ergebnisse einzustehen. Die Zunahme des Stroms im Sauerstoff und Lustgas ist dagegen unbezweifelt, und findet in sehr beträchtlichem Maafse statt. Zu erinnern ist jedoch, dafs, wenn auch die Abnahme desselben sich in den drei andern Gasarten eben so bestimmt herausstellt, damit noch nichts anderes gewonnen seyn würde, als die Bestätigung des Satzes, dafs die Gröfse des

Stroms eine Function der Intensität des Athmungsprocesses sey; keineswegs aber ein hinlänglich strenger Beweis für die in Betracht der Uebereinstimmung mit den Pouillet'-schen Thatsachen alsdann nur äufserst wahrscheinlich gemachte Ansicht, dafs dieser Procefs das nächste ursächliche Moment der elektromotorischen Wirkung enthalte.

63) Weshalb die freien Enden der secundären Muskelzelle nicht athmen? d. h. weshalb gerade die Muskeln mit einem *Strom* begabt sind? Diese teleologische Frage weifs ich bislang nur dahin zu beantworten, dafs es mir wenigstens nicht hat glücken wollen, eine Combination ausfindig zu machen, wie dieser Strom für den Act der Muskelcontraction, d. h. für die unter dem Einflufs des irgendwie in Thätigkeit versetzten Nervenagens vor sich gehende Verwandlung des erschlafften Muskels in einen elastischen Körper von einem durch die Intensität der Innervation bestimmten Modulus, etwa verwendet werden könnte. Die Vorstellung, die während der Erschlaffung im strömenden Zustande wahrnehmbaren Elektricitäten würden zur Vermittlung der Muskelzusammenziehung elektroskopisch wirksam, ist physikalisch unstatthaft, und führt zu keinem Resultat.

64) Die Phänomene der *elektromotorischen Fische* erklären sich hinreichend aus der Annahme, zu der man physiologischerseits gezwungen ist, dafs das wesentlich Elektromotorische an den Organen derselben die bekannten Gallertscheibchen sind. Die übrigen Formelemente des Organs dienen theils zum Gerüst, um die Scheibchen in ihrer Lage zu erhalten, und ihnen Nerven und Blutgefäfse zuzuführen (aponeurotische Scheidewände), theils eben zur Ernährung und Innervation (Blutgefäfse, *Epithelium*, Nerven).

65) Unter dem Einflufs des irgendwie in Thätigkeit versetzten Nervenagens wirken die Gallertscheibchen in bestimmter Richtung elektromotorisch. Diese Richtung mag in irgend welchem Bezuge zur Strömungsrichtung

des Nervenagens in den an ihrer Grundfläche sich ausbreitenden Nervenschlingen stehen. Eine Annahme, die nicht Räthselhafteres darbietet, als der unter (63) schematisirte Act der Muskelcontraction. Kann jeder beliebige motorische Nerv, dem Nerven eines elektrischen Organs substituirt, elektromotorisch wirken? Mikroskopische Untersuchungen haben zu entscheiden, ob diese Frage negativ, oder ob sie, was wahrscheinlich ist, gar nicht zu beantworten ist.

66) Schon Volta stellte die richtige Betrachtung an (Gilbert's Annal. Bd. X S. 447. 448), dafs es in den elektrischen Organen durchaus an einem isolirenden Element gebreche, und dafs sie deshalb nur mit seiner Säule, nicht aber mit Spannungsapparaten verglichen werden dürften. Der Vergleich mit der Säule ward meistens aufgenommen, aber die morphologisch unstatthafte Forderung irgendwie an den Organen angebrachter isolirender Hüllen findet sich in allen Versuchen, die Wirkungen der Zitterfische zu erklären, ja in Volta's eignem Schema eines solchen Geschöpfs (a. a. O. S. 449) erneuert.

67) Ein in einem mit leitender Flüssigkeit gefüllten Troge, auf die hohe Kante gestellter, aus zweien auf einander gelötheten heterogenen Metallplatten bestehender Elektromotor erfüllt den ganzen Trog mit den Curven, in welchen man sich die Ausgleichung der Spannungen vor sich gehend zu denken hat. n dergleichen Elektromotore in passender Anordnung neben einander in den Trog gestellt, würden unter dem nicht zu realisirenden Vorbehalt, dafs die Curven gleicher Intensität nicht merklich auseinanderfallen, und mit Vernachlässigung der Veränderung des Leitungswiderstandes auf jedem Punkt des feuchten Leiters eine $n$fach stärkere Wirkung hervorbringen.

68) In der Wirklichkeit, z. B. bei den elektromotorischen Fischen, deren Gallertscheibchen dergleichen Elektromotoren zu vergleichen sind, während alle übri-

gen Formelemente der Organe, der ganze übrige Fisch, und von dem umgebenden Medium eine um so gröfsere Masse, als das specifische Leitungsvermögen desselben kleiner ist, nebst den darin befindlichen Opfern der Entladung, der Flüssigkeit des Troges entsprechen, wird n freilich fn, worin $f < 1$; allein n beträgt nach Valentin, Artikel Elektricität der Thiere, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie etc. 2. Lieferung S. 254. 269, an einem *T. Galvanii* mittlerer Gröfse ungefähr 251976, an einem ausgewachsenen Zitteraal aber zwischen 4 und 5 Millionen.

69) Faraday's Entdeckung am Gymnotus (*Exp. Res. in Electr. Ser. XV.* 1764, *in Philos. Trans.* 1839. *Part. I. p.* 4): »*that any given part is negative to other parts anterior to it, and positive to such as are behind it,*« erklärt sich nach unseren Vordersätzen eben so ungezwungen, als nach der sonst unhaltbaren Annahme, der Gymnotus gliche einer in einem Glasrohr unter Wasser versenkten Säule, deren Platinende der Kopf und deren Zinkende der Schwanz des Thieres entsprechen würden.

70) Nach jener Annahme erklärt sich nicht, was nach der unsrigen auf der Hand liegt, dafs (a. a. O. 1776) nämlich um so kräftigere physiologische Wirkungen beobachtet werden, je weiter auseinandergelegene Punkte der Länge des Fisches berührt werden.

71) Matteucci sagt vom Zitterrochen (*Essai etc.*, *p.* 47. 2o, 48. 3o): »*Les points de l'organe sur la face dorsale, qui sont au-dessus des nerfs qui pénètrent dans cet organe, sont positifs relativement aux autres points de la même face dorsale. — Les points de l'organe sur la face ventrale, qui correspondent à ceux qui sont positifs sur la face dorsale, sont négatifs relativement aux autres points de la même face ventrale.*« Diefs beruht nach unseren Vordersätzen auf dem Umstand, dafs die Höhe der Säulen des Organs nach dem Umfang der Scheibe hin abnimmt.

72) Matteucci sagt (*Arch. de l'Electricité, No.* 3, *p.* 573. Vergl. *Essai etc.* a. a. O.): »*J'ai coupé horizontalement l'organe d'une torpille vivante, et j'y ai introduit une lame de verre bien recouverte de vernis, de manière à séparer les deux parties de l'organe. J'ai mis en contact les deux faces internes de l'organe séparé par la lame de verre, avec les deux extrémités de platine du galvanomètre. J'ai touché en des points différents ces deux faces nouvelles de l'organe; j'ai opéré ce contact avec des lames plus ou moins larges; j'ai mis en contact des points internes, appartenant au dos, avec des points du bas-ventre, ou vice versa, et la direction de la décharge a été constante, c'est-à-dire que la lame en contact avec la face interne qui appartenait au dos remplissait le rôle de pôle positif, et la lame en contact avec l'autre face appartenant au bas-ventre, celui de pôle négatif. Ce fait détruit, selon moi, toute possibilité d'analogie entre l'organe de la torpille et les appareils électriques que nous possédons. Quel que soit le point, en effet, où l'on interrompe une pile ou une spirale électrodynamique, on produit deux nouveaux pôles: l'extrémité qui reste réunie au pôle positif, devient un pôle négatif, et celle qui reste réunie au pôle négatif, devient un pôle positif.*« Leider ist der Thatbestand dieses vermeintlichen Experimentum crucis so unvollkommen mitgetheilt, dafs es unmöglich erscheint, mittelst desselben eine Theorie zu prüfen oder zu begründen. War das symmetrische Organ unversehrt? In diesem Fall hatte Matteucci in dem Multiplicatordraht den Schlag dieses Organs. Angenommen jedoch, nach *Essai etc. p.* 47: »*Lorsqu'on veut des résultats comparables et exacts, il vaut mieux détruire l'un des organes, ce qu'on fait en le coupant tout entier ou seulement les nerfs. On fait alors l'expérience sur l'organe laissé intact, sans avoir à craindre que la décharge de l'autre vienne à troubler celui qu'on étudie*« — es sey das-

selbe gelähmt gewesen, so fragt sich's noch, war das Organ, an dem experimentirt wurde, in seiner ganzen Ausdehnung in eine obere und eine untere Hälfte getheilt, oder hatte es nur einen horizontalen Einschnitt? Das letztere scheint das wahrscheinlichere, einmal an und für sich, zweitens nach der von Matteucci in der Beschreibung, die er bereits vor zwei Jahren von demselben Experiment gab, gestellten Alternative (*Essai etc. p.* 48): »*On coupe l'organe horizontalement, on sépare avec une lame de verre les deux faces intérieures, ou-bien on le coupe verticalement, et l'on y introduit plus ou moins profondément les lames de platine.*« Dann enthielte aber auch dieser Versuch Nichts, was nicht nach der hier gegebenen Theorie der Fall seyn müfste.

73) Die Schuppenlosigkeit der Haut sämmtlicher bis jetzt mit Sicherheit gekannten elektromotorischen Fische erscheint als eine zweckgemäfse Consequenz der Ohm'schen Formeln über die relative Intensität der verschiedenen Stromarme in mehreren eine und dieselbe Kette gleichzeitig schliefsenden leitenden Bögen (48). Es ist zu vermuthen, dafs die einen Knochenkern enthaltenden Schuppen als besser leitende Zwischenplatten den Widerstand der Haut verkleinernd wirken würden.

74) Minder leicht zu deuten sind an den elektromotorischen Fischen die beiden folgenden Erscheinungen, über die es übrigens noch sehr an sicheren Erfahrungen gebricht. — Ich meine zuerst die angeblich ohne Kettenverband von Zitterfischen erhaltenen Schläge. Dieselben würden, wenn es wirklich dergleichen giebt, richtiger den Unipolarcontractionen verglichen werden, welche an sehr kräftigen 2000plattigen Volta'schen Apparaten auch an Muskeln stärkerer Thiere beobachtet worden sind, als der physiologischen Wirkung der Conductorfunken mächtiger Elektrisirmaschinen.

75) Der andere räthselhafte Umstand liegt aufser-

halb des Bereichs der hier bezweckten Theorie. Es ist der, dafs der Zitterfisch selbst weder seine eigenen noch die von seines Gleichen ausgehenden Wirkungen zu verspüren scheint, obschon seine elektrischen Nerven, und seine Empfindungs- und Bewegungsnerven so gut wie die anderen Thiere, für den galvanischen Reiz empfänglich sind.

76) Zwischen den Phänomenen des Muskel- und Nervenstroms und denen der elektromotorischen Fische ist zwar kein Zusammenhang einzusehen. Nichts destoweniger treffen diese Erscheinungen darin überein. dafs es bei beiden sich um Strömungen in Kreisen begreiflich nur aus feuchten Leitern handelt, bei beiden die Bewegung der Elektricität innerhalb derselben auf sehr complicirte Weise nach mehreren Dimensionen geschieht, während die Multiplication der Intensität der den einzelnen Spannungen entsprechenden Elementarströmungen auf dem unter (67) angedeuteten Wege zu Stande kommt, den man den der unvollkommenen Säulenbildung nennen könnte; bei beiden endlich sämmtliche an unseren stromprüfenden Vorrichtungen wahrzunehmenden Wirkungen auf dem Wege der Nebenschliefsung gewonnen sind.

Die nähere experimentelle und theoretische Begründung der hier aufgestellten Behauptungen wird den Inhalt einer demnächst erscheinenden gröfseren Arbeit über thierische Elektricität bilden.

II. *Versuche über gebundene Elektricität; von K. W. Knochenhauer in Meiningen.*

Aus der Abhandlung von Fechner in diesen Annalen, worin er die von mir ausgesprochene Ansicht über das Verhalten der gebundenen Elektricität zurückweist, lernte ich sowohl die Unzulänglichkeit der von mir beigebrachten Versuche kennen, als auch den Fehler in meiner Ansicht, wenigstens in der ihr gegebenen Ausdehnung und Fassung. Ich liefs damals aus Mangel an besseren Hülfsmitteln die Sache auf sich beruhen. Als ich indefs später Veranlassung hatte, über die Grundgesetze der Elektricität weiter nachzudenken, dabei namentlich die Arbeiten von Faraday und Riefs gehörig beachtete und mehrere von ihren Angaben selbst untersuchte, da entstanden mir wiederum neue Zweifel über die Wahrheit der hergebrachten Ansichten von dem Verhalten der gebundenen Elektricität in ihrer Beziehung zu der ursprünglichen Elektricität, von welcher sie eben gebunden wird. Einzelne Thatsachen, die unwiderleglich vorlagen, konnten entweder von mir danach nicht erklärt werden, oder es mufsten wenigstens manche Umstände noch in ein helleres Licht gesetzt werden, um sicheren Aufschlufs zu bekommen. Um mir nun diesen Aufschlufs zu verschaffen, habe ich eine Reihe von Versuchen mit aller mir möglichen Sorgfalt angestellt, und obschon auch diese bis jetzt keineswegs als abgeschlossen angesehen werden kann, so glaube ich sie doch zunächst mittheilen zu dürfen, indem ich die Fortsetzung bis auf eine andere freie Zeit verschieben mufs. Ich werde diese Versuche ohne alle Rücksicht auf irgend eine Theorie mittheilen, rein, so wie sie sich ergeben haben, ja mit hinreichendem Detail, um Anderen das Ur-

theil über den Werth der von mir abgeleiteten Formeln zu erleichtern; indeſs will ich zum voraus auch keineswegs verschweigen, daſs ich nach ihnen ziemlich zu den Ansichten Faraday's gelange, nur mit dem Unterschiede, daſs wenn er zwischen den beiden Körpern, die sich gegenseitig elektrisch binden, eine Vertheilung in dem von ihm so benannten Dielektrikum annimmt, ich dieselbe lieber in den Aether setzen möchte, der sowohl im leeren Raume als im Dielektrikum enthalten ist. Ich halte nämlich dafür, daſs wir bei der Elektricität den positiven und den negativen Strom nie von einander trennen dürfen, und daſs wo der eine ist, auch der andere in entgegengesetzter Richtung an derselben Stelle vorkommt; wenn demnach zwei Körper in Wechselwirkung mit einander stehen, der eine positive, der andere negative Elektricität enthält, und wenn endlich der Funke erfolgt, so kann weder der Hergang der seyn, daſs von einem Körper positive, vom andern negative Elektricität ausgeht, die sich in der Mitte vereinigen, noch kann eine allein den Weg durchlaufen, sondern auf dem ganzen Wege des Funkens ist positive und negative Elektricität zugleich. Dieſs aber ist wieder nur dann möglich, wenn vorher, ehe der Funken überschlägt, in dem Zwischenraume selbst irgend eine besondere Disposition vorangeht; ich will sie elektrische Spannung des Aethers nennen. Diese wird durch fortgesetzte Ladung gesteigert, und kommt endlich zu einem solchen Grade, daſs der Nichtleiter ihrem Andrange nicht mehr widerstehen kann, und die elektrische Schwingung des gespannten Aethers erfolgt. Für nichts anderes nämlich als für eine eigenthümliche Schwingung, deren Art und Weise noch zu finden ist, betrachte ich den Funken. Doch ich übergehe das Weitere, das bis jetzt nur Hypothese bleibt, und kehre zu den Versuchen selbst zurück.

Ich will jetzt zuerst erwähnen, was mir in den bisherigen Thatsachen vornehmlich auffallend war. Nimmt man

man einen isolirten Leiter *A* von passender Form, theilt ihm z. B. positive Elektricität mit, und stellt in zweckmäfsigen Entfernungen hinter einander zwei andere nicht isolirte Körper *B* und *C*, so erhalten beide nach hergestelltem Gleichgewicht gebundene negative Elektricität, und wenn sie sich frei bewegen können, so geht *B* von *C* ab nach *A* zu, *C* von *B* ab weiter von *A* fort. Die negative Elektricität auf *C* soll der Ueberschufs seyn von der von *A* aus gebundenen negativen und von der von *B* aus gebundenen positiven Elektricität. Hier fragt sich nun, findet die elektrische Vertheilung und die elektrische Anziehung nach denselben oder nach differenten Gesetzen statt; gilt der erstere Fall, wie man doch gewöhnlich annimmt, wie kann in *C* die positive Elektricität von *A* mehr binden, als die negative von *B*, und doch die Anziehung von *A* aus geringer seyn, als die von *B* aus? — Ferner nahm ich eine Glaskugel von etwa 2 Zoll Durchmesser, die bei *B* und *C* (Fig. 1 Taf. I) zwei Oeffnungen mit Hülsen hatte; in die untere steckte ich durch Schellack eine etwa einen Fufs lange Glasröhre, in die andere *C* eine kürzere mittelst eines Korkes; durch beide Röhren ging ein dünner Kupferdraht, der bei *C* ein wenig hervorsah, die Kugel selbst war mit Lack überzogen. Wenn man diese Glaskugel an der Röhre *B* hielt, indem man den Draht zugleich fafste, und sie einem stark negativen Conductor so näherte, dafs von der Spitze *C* aus derselbe nicht gesehen werden konnte, so strömte doch von *C* ein deutlicher, über $\frac{1}{4}$ Zoll langer Büschel positiver Elektricität aus. Dieses Strömen soll von der gebundenen positiven Elektricität entstehen, die hier etwa in der Mitte des Drahts bei *A* sich findet; diefs zugegeben, so geht die strömende positive Elektricität offenbar abwärts vom Conductor in die Luft, und könnten wir jetzt den Conductor so schützen, dafs seine negative Elektricität keine anderweitige Ableitung fände (welche Unmöglichkeit wenigstens mit der Spitze *C* nichts zu thun hat), so bliebe der Hergang un-

ausgesetzt derselbe, und wir hätten in der That ein perpetuum mobile construirt. Ward übrigens die Kugel gedreht, so verstärkte sich nach und nach der positive Büschel; füllte man sie mit Feilspähnen, so ward der Hergang nicht geändert. — Eine wohl isolirte Metallkugel mit zwei Spitzen nach entgegengesetzter Richtung werde in die Nähe eines z. B. positiv elektrischen Conductors gesetzt, so strömt die zugewandte Spitze negative, die abgewandte positive Elektricität aus. Bei zwei verschiedenen Elektricitäten muſs hier Zersetzung in der Kugel stattfinden, die demnach nie aufhört. Doch dieser Versuch war mir in einer anderen Beziehung noch wichtiger; hält man einen isolirten Metallstab, woran unten und oben ein Pendel befestigt ist, über einen geladenen Conductor, läſst aber an den Metallfäden der Pendel unten die Kugel fort, so begeben sich beide Pendel von dem Metallstabe abwärts, allein der untere strömt die dem Conductor entgegengesetzte, der andere die gleiche Elektricität aus. Der Versuch ist der ursprünglich von Rieſs angegebene. Es zeigt sich hier ebenfalls die Ablenkung, aber zugleich ein Zusammenhang mit der Entladung. Welcher Umstand gilt demnach als Hauptsache? — Unter den von Rieſs streng ermittelten Thatsachen blieb mir, wie an der fraglichen Stelle gleichfalls schon bemerkt ist, immer die merkwürdigste, daſs die Erwärmung im Schlieſsungsdrahte umgekehrt zum Quadrate seines Querschnittes steht, also vom Quadrate der Intensität des durchgehenden Stromes abhängt. Ich kann hierin nur die Thatsache erblicken, daſs jeder elektrische Strom ein zwiefacher ist, und hätte Rieſs seine Formeln so gestellt, daſs er die Erwärmung einmal von der Intensität i und zweitens von der Dauer t des Stromes abhängig gesetzt hätte, so wäre die Erwärmung ϑ unter entsprechenden Umständen immer zu $i^2 t$ proportional gewesen; denn da i proportional mit $\frac{q}{s}$ nach seiner Bezeichnung

wächst, und t direct mit q, umgekehrt mit der Intensität i oder $\frac{q}{s}$ zunimmt, so geht dadurch die Erwärmung mit $\frac{q^2}{s}$ proportional. Also auch hier der Doppelstrom. Nicht weniger merkwürdig ist der Umstand, dafs die Intensität bei der Entladung proportional zur Länge des Funkens ist; ja das Auffallende würde noch mehr hervortreten, wenn man den Abstand der beiden Kugeln, zwischen denen sich die Batterie entladet, weiter ausdehnen und die Gültigkeit dieses Gesetzes auch bei gröfseren Entfernungen durch Versuche nachweisen könnte. — So viel von den Dingen, die mich zu neuen weiteren Versuchen veranlafsten. — Das erste, was ich mir selbst zu ermitteln vorsetzte, war die Bestimmung der Quantität der gebundenen Elektricität in verschiedenen Entfernungen.. Nach manchen vergeblichen Bemühungen erschien mir die Anwendung der Coulomb'schen Drehwage am zweckmäfsigsten, doch glaubte ich mich von ihrem Gebrauche, der namentlich im Gehler'schen Wörterbuch als ein so mifslicher dargestellt wird, vorher genau in Kenntnifs setzen zu müssen. Ich theile diese Versuche, die die Gültigkeit der späteren Berechnungen erweisen, vor allen Dingen mit.

I. *Prüfung der* Coulomb'*schen Drehwage.* Die von mir gebrauchte Drehwage war von der gewöhnlichen Einrichtung. An einem einfachen Coconfaden hing in einem leichten Drahtbügel ein feiner Lackfaden, der an beiden Enden mit kleinen Knöpfen versehen war; um diese drehte ich recht glatt etwas Stanniol, so dafs ein kleiner Cylinder von kaum zwei Linien Länge und etwa $\frac{3}{4}$ Linie im Durchmesser entstand. Ferner umgab ich einen dünnen Draht mit Schellack, der unten anfänglich eine kleine, etwa 2 Linien im Durchmesser haltende vergoldete Hollundermarkkugel, später eine eben so grofse Zinnkugel besafs, oben aber eine messingene Kugel von

4 Par. Linien Durchmesser; jene war im Innern der Drehwage genau so, dafs der Cylinder des Wagebalkens die Mitte traf, diese stand etwa einen Zoll über der Fassung der Wage nach aufsen. Schwache Drehungen des Fadens, die auf einzelne Grade gemessen werden sollten, gaben unsichere Resultate; ich liefs deshalb die Nadel zur Ruhe kommen, so dafs sie 10 bis 20 Grade von der Kugel abstand, und drehte nun den Faden gegen die Kugel sogleich fünf Mal herum, theilte jetzt der oberen Kugel Elektricität mit, und beobachtete den Stand der abgelenkten Nadel. Hiernach drehte ich den Faden weiter und notirte die neuen Stellungen; nach 25 Umdrehungen drehte ich rückwärts und beobachtete wiederum. Die folgende Tabelle giebt diese Angaben doppelt wiederholt.

Erster Versuch.

n.	x beobachtet.				x im Mittel.		C.	x berechnet.	
5	59°	64°	62°	63°	62°	0'	1,5473	63°	2'
7	51	55	51	53	52	30	1,5268	53	44
10	45	47	43	45	45	0	1,5851	45	14
15	38	39	36	37	37	30	1,6367	37	7
20	34	35	31	32	33	0	1,6818	32	13
25	30½		27½		29	0	1,6188	28	51
							$C = 1,60275$		

Die erste Columne enthält die Zahl n der Umdrehungen des Fadens, wobei die wenigen Grade, die bei der ersten Umdrehung fehlen, unberücksichtigt geblieben, doch durch den anfänglichen Stand auch einigermafsen ausgeglichen sind. Die zweite Columne giebt den Ablenkungswinkel x nach den einzelnen Beobachtungen, der in der dritten im Mittel steht. Wenn beim Vorwärtsdrehen der Winkel zu klein, beim Rückwärtsdrehen zu grofs ist, so liegt diefs in dem Umstande, dafs die neu hinzukommende Torsion des Fadens das Ueber-

gewicht über die schon vorhandene hat, und aufserdem, dafs ich bei diesem Versuche etwas zu schnell verfuhr, aus Furcht, die vorhandene Elektricität möchte sich schwächen. Da ich indefs diese Einrichtung der Wage später nur einmal gebrauchte, so schien mir eine Wiederholung unnöthig. Zur Berechnung sey, Fig. 2 Taf. I, A die elektrische Kugel mit der Intensität I, B das Ende der Nadel mit der Intensität i, und der Ablenkungswinkel sey $AOB = x$, so übt, nach dem Coulomb'schen Gesetze, A auf B eine abstofsende Wirkung nach $BD = \frac{Ii}{AB^2}$ und senkrecht auf OB zerfällt $= \frac{Ii}{AB^2} \cos\frac{x}{2}$, worin $AB = 2\sin\frac{x}{2}$ ist. Dieser Wirkung steht die Torsion des Fadens $= kn$ entgegen, sofern k eine constante Gröfse bezeichet; somit folgt:

$$kn = \frac{Ii\cos\frac{x}{2}}{4\sin^2\frac{x}{2}},$$

oder wenn man $\frac{Ii}{4k} = C$ einer neuen Constante nimmt:

$$C = n\sin\frac{x}{2}\tang\frac{x}{2} \quad \dots\dots\dots\dots (1)$$

und:

$$\sin\frac{x}{2}\tang\frac{x}{2} = \frac{C}{n} \quad \dots\dots\dots\dots (2)$$

Die vierte Columne enthält die Berechnung von C aus den einzelnen Beobachtungen nach (1), und die fünfte endlich x aus (2) nach dem Mittelwerth von C. Wie man sieht, stimmen die Resultate hinreichend genau.

Späterhin gebrauchte ich eine andere Vorrichtung der Wage, indem ich den Schellackcylinder, durch welchen der Draht mit der unteren Kugel ging, erst etwa 4 Zoll nach unten zum Einführen in die Wage, dann

oben 5 Zoll nach der Seite fortbog und auf dem letzten aufwärts gerichteten Ende die äufsere Messingkugel befestigte; diese letztere besafs einen Durchmesser von 4 Par. Linien, später von 9 Par. Linien. Uebrigens war der Seitenarm an einer Stelle auf eine Länge von etwa ¼ Zoll von Schellack frei, und zeigte den blanken Metalldraht. Für beide Einrichtungen lasse ich die Prüfungsversuche folgen, die nach der angegebenen Weise berechnet sind.

Zweiter Versuch. Die obere Kugel von 4 Linien Durchmesser.

n.	x beobachtet.	x im Mittel.	C.	x berechnet.
5	52° 52°	52° 0′	1,0691	51° 3′
7	42 43½	42 45	0,9981	43 23
10	35½ 37	36 15	1,0183	36 26
15	30 30½	30 15	1,0579	29 50
20	25½ 26	25 45	1,0163	25 52
25	23 23	23 0	1,0140	23 10
			C=1,0290.	

Dritter Versuch. Die obere Kugel von 9 Linien Durchmesser.

n.	x beobachtet.	x im Mittel.	C.	x berechnet.
5	39° 42°	40° 30′	0,63845	40° 16′
7	32½ 35	33 45	0,61640	34 8
10	28 30	29 0	0,64753	28 38
15	23 24	23 30	0,63536	23 25
20	20 20½	20 15	0,62786	20 18
25	18 18	18 0	0,61942	18 10
			C=0,63084.	

Nach diesen Versuchen war ich von der Anwendbarkeit der Coulomb'schen Drehwage überzeugt, um so mehr als die Quelle der Differenzen in den Beobachtungen späterhin fortfiel, wo die Nadel lange bis zum Ruhestande schwingen mufste. Ich suchte also sofort

II. *die Quantität der gebundenen Elektricität bei veränderter Entfernung* zu bestimmen. Da mir jedes

Uebertragen der Elektricität von einem andern Orte auf die Drehwage bedenklich erschien, so versuchte ich die obere Kugel der Wage selbst als Sitz der gebundenen Elektricität zu benutzen, und dieser Fall gelang mir ausnehmend gut, indem ich nach den hier vorliegenden Umständen recht wohl vergleichbare Resultate erhielt. Bei zwei Probeversuchen bediente ich mich nur einer Leydner Flasche, die, mit Ausschlufs des Bodens, auf jeder Seite etwas über einen Quadratfufs belegter Fläche enthielt; ich lud sie mit einer kleinen Maschine durch eine bestimmte Zahl Umdrehungen der Scheibe, und hatte dabei ihre innere Kugel mit einem senkrechten Metalldrahte in Verbindung gesetzt, der durch eine Glasröhre ging und oben und unten eine Kugel besafs. Die Glasröhre und mit ihr der Draht liefsen sich mittelst eines horizontalen Querarms an einem eingetheilten senkrechten Ständer verschieben, wodurch man den Abstand von der oberen Kugel der Wage messen konnte. Nachdem nun die Flasche und mit ihr die bindende Kugel über der Wage immer auf dieselbe Weise geladen war, wurde zunächst die Kugel der Wage selbst so lange mit einem feinen Drahte ableitend berührt, bis die Nadel, deren Coconfaden zuvor in verschiedenen Versuchen 3 bis 5 Umdrehungen gegen die innere Kugel erhalten hatte, sich gegen dieselbe anlehnte; dann wurde der Draht fortgezogen, die Flasche schnell entladen und der Ableitungswinkel gemessen. Die Abstände der beiden Kugeln, zwischen denen die Elektricität gebunden wurde, wurden von $4\frac{1}{2}$ zu $4\frac{1}{2}$ Par. Lin. verändert. Da ich indefs später die Distanzen immer von 3 zu 3 Par. Lin. nahm, so werde ich sie auch hierauf als Einheit der gemessenen Entfernungen zurückführen. Die genannte Art, die Versuche anzustellen, hatte viel Unbequemes; die Berührung der Kugel mit dem Drahte geschah in ungleichen Zeiten, der Draht selbst mochte bisweilen Elektricität aus der Flasche ableiten, und endlich verursachte sein Zurückziehen

einige Male wieder eine Erschütterung, wodurch die Nadel vor Entladung der Flasche von der inneren Kugel zurücksprang. Diese Umstände zusammen bewirkten, dafs einzelne Versuche ganz augenfällig schlecht ausfielen und im Vergleich zu den andern viel zu kleine Ablenkungswinkel ergaben; sie mufsten fortgelassen werden. Ich würde demnach diese Beobachtungsreihe gar nicht mittheilen, wenn sie nicht einmal als die erste, die immer wegen der völligen Unbefangenheit des Beobachters einen eigenthümlichen Werth hat, und dann wegen der gegen später abweichenden Beobachtungsweise Rücksicht verdiente. — Um die gerügten Uebelstände zu vermeiden, gab ich der Drehwage den schon oben angegebenen Seitenarm, der durch eine Stütze aus Schwefel wohl befestigt wurde; auf die freie Stelle des Drahts kam ein anderer nicht isolirter, der in Form eines Hebels während der Ladung der Flasche auflag, dann schnell zurückgeschlagen wurde, worauf die Flasche unmittelbar entladen werden konnte. Jetzt waren die einzelnen Beobachtungen übereinstimmend. Ich lasse sie hier folgen in den verschiedenen Distanzen d zu 3 Par. Linien, damit Andere ebenfalls ein Urtheil über die Gränzwerthe haben.

Erste Beobachtungsreihe. Die Drehwage ohne Seitenarm, oben eine Kugel von 4 Par. Lin. Durchmesser; der Coconfaden beiläufig 5 Mal gedreht. Die von der Flasche ausgehende bindende Kugel hat 8 Par. Linien Durchmesser, und die Ladung erfolgt durch 12 Umdrehungen der Scheibe.

Einzelne Resultate. Bei $3d : x = 24^\circ$, 23, 23, 23; bei $1\frac{1}{2}d : x = 26^\circ$, 28, 28, 27, $27\frac{1}{2}$, $27\frac{1}{2}$; bei $4\frac{1}{2}d : x = 21^\circ$, 20, 20, 20; bei $6d : x = 17^\circ$, $17\frac{1}{2}$, $17\frac{1}{2}$, 18; bei $7\frac{1}{2}d : x = 15^\circ$, 15, 16, 15. Hiernach:

d.	x beob.	log I beobachtet.	log I berechnet.	x ber.
$1\frac{1}{2}$	27° 20′	$\log C+0{,}3796508-1$	$\log C+0{,}3856585-1$	27° 43′
3	23 15	$\log C+0{,}3087870-1$	$\log C+0{,}3013768-1$	22 52
$4\frac{1}{2}$	20 15	$\log C+0{,}2484179-1$	$\log C+0{,}2367049-1$	19 43
6	17 30	$\log C+0{,}1847381-1$	$\log C+0{,}1821841-1$	17 24
$7\frac{1}{2}$	15 15	$\log C+0{,}1247629-1$	$\log C+0{,}1347628-1$	15 36

$\log A = 0{,}5891329 - 1$; $\log b = 0{,}8388639 - 1$.

Zweite Beobachtungsreihe. Drehwage mit Seitenarm; Faden etwa vier Mal gedreht; die Kugeln wie vorher; Ladung durch 16 Umdrehungen der Scheibe.

Einzelne Resultate. Bei $3d$: $x=24°$, $23\frac{3}{4}$; bei $2d$: $x=26$, $27\frac{1}{2}$, 26; bei $5d$: $x=20$, 20, 21, 21, $20\frac{1}{2}$, 21; bei $2d$: $x=27$, $27\frac{1}{2}$, $27\frac{1}{2}$, $28\frac{1}{4}$; bei $3d$: $x=25\frac{1}{2}$, 25; bei $4d$: $x=22\frac{3}{4}$, 22, $22\frac{1}{4}$, $22\frac{1}{2}$; bei $5d$: $x=20\frac{1}{4}$, $20\frac{1}{2}$, $20\frac{3}{4}$, $21\frac{1}{4}$; bei $1d$: $x=32$, 30, $30\frac{3}{4}$, 31, $32\frac{1}{4}$; bei $2d$: $x=27\frac{1}{2}$, $27\frac{1}{2}$, 29, $27\frac{1}{2}$; bei $3d$: $x=24$, $24\frac{1}{2}$, $23\frac{3}{4}$, $24\frac{1}{4}$, $24\frac{1}{2}$; bei $4d$: $x=22\frac{1}{2}$, $22\frac{1}{2}$, 23; bei $5d$: $x=20\frac{1}{2}$, $20\frac{3}{4}$, $21\frac{1}{2}$, 21; bei $4d$: $x=22\frac{1}{4}$, $21\frac{3}{4}$, $22\frac{1}{2}$; bei $3d$: $x=23\frac{3}{4}$, 24, 24; bei $2d$: $x=26$, $27\frac{1}{2}$, $28\frac{1}{2}$, $28\frac{1}{2}$; bei $1d$: $x=31\frac{1}{4}$, $30\frac{3}{4}$, 32, 33. Hiernach:

d.	x beob.	log I beobachtet.	log I berechnet.	x ber.
1	31° 27′	$\log C+0{,}4412850-1$	$\log C+0{,}4423157-1$	31° 32′
2	27 27	$\log C+0{,}3815439-1$	$\log C+0{,}3795819-1$	27 20
3	24 15	$\log C+0{,}3272116-1$	$\log C+0{,}3314444-1$	24 29
4	22 24	$\log C+0{,}2925014-1$	$\log C+0{,}2908626-1$	22 19
5	20 $38\frac{1}{2}$	$\log C+0{,}2567833-1$	$\log C+0{,}2551094-1$	20 34

$\log A = 0{,}5937688 - 1$; $\log b = 0{,}8485469 - 1$.

Bei der letzten Versuchsreihe hatte ich besonders deshalb in den verschiedenen Distanzen vielfach durch einander beobachtet, weil während der 5 Stunden etwa, die vergingen, die Temperatur der Stube, die Leitungsfähigkeit der Flasche und auch die Ergiebigkeit der Maschine sich änderten. — Was nun die Berechnung der Beobachtungen betrifft, so ging ich von folgenden Vor-

aussetzungen aus. Die gebundene Elektricität verbreitet sich nach Entladung der Flasche über den ganzen mit Schellack umgebenen Arm und auf seine beiden Kugeln, je nach Maſsgabe der Quantität, die bei verschiedenen Entfernungen gebunden ist; von der unteren Kugel theilt sich diese Elektricität dem Cylinderchen auf der Nadel mit, und sie wird so weit zurückgestoſsen, bis die Torsion des Fadens Widerstand leistet. Es sey also die Intensität auf der Kugel sowohl als auf der Nadel $=I$, die Torsionskraft des Faden $=k$, die bei der vorhandenen Drehung in den verschiedenen Winkelabständen als ganz gleich, wenigstens für den Grad der Genauigkeit im Ablesen der einzelnen Beobachtungen, genommen werden kann, und endlich sey der Ablenkungswinkel $=x$, so bekommen wir nach dem Obigen:

$$k = N \frac{I.I.\cos\frac{x}{2}}{4\sin^2\frac{x}{2}},$$

worin N eine Constante bezeichnet. Nimmt man $\frac{4k}{N} = C^2$ einer neuen Constante an, so folgt:

$$I = C\sqrt{\sin\frac{x}{2}\tan\frac{x}{2}} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

In dieser Formel dürfte nur ein Zweifel darüber entstehen, ob I auf der Kugel und auf dem Cylinder der Nadel gleich sind, und ob nicht etwa die letztere schon eher zurückspringt, als bis die erstere ihre ganze Intensität angenommen hat. Ich werde später einen solchen Fall wirklich anführen; für die vorliegenden Beobachtungen indeſs findet vollkommene Gleichheit statt, da bisweilen die Nadel, am häufigsten bei schwacher, doch auch bei der stärksten Ladung, nicht eher zurückspringt, als bis man ganz leicht auf den Tisch klopft; in diesem Falle bleibt der Ablenkungswinkel derselbe, eher hat er eine Neigung, um etwas kleiner auszufallen. Die vor-

stehenden Beobachtungsreihen geben also zunächst in der ersten Columne die Entfernungen beider Kugeln in Distanzen d zu 3 Par. Lin., in der zweiten den mittleren beobachteten Ablenkungswinkel x, und in der dritten $log\ I$ nach der vorstehenden Formel (1) zu dem beobachteten x. Betrachtet man die Zahlen in dieser Columne, so scheinen sie bis auf einige Differenzen, die den Beobachtungen zur Last fallen könnten, eine Abnahme proportional zu den Distanzen zu geben, so dafs mit Einführung zweier neuen Constanten A und b die Formel $I = CAb^n$ oder $log\ I = log\ C + log\ A + n\ log\ b$ folgen würde, sofern n die variable Zahl der Distanzen bezeichnet. In der That hatte ich nach dieser Formel beide Reihen berechnet, bis mich die folgenden umfassenderen Versuche belehrten, dafs man die Formel auf

$$I = CAb^{\sqrt{n}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

oder

$$log\ I = log\ C + log\ A + \sqrt{n}\ log\ b \quad \ldots\ldots (3)$$

stellen müsse. Nach der Methode der kleinsten Quadrate würden jetzt $log\ A$ und $log\ b$ aus den einzelnen Gleichungen (3) berechnet, und dann mittelst derselben $log\ I$, und ferner x aus:

$$\tfrac{1}{2}\left(log\ sin\frac{x}{2} + log\ tang\frac{x}{2}\right) = log\ I - log\ C.$$

Für Probeversuche ist die Uebereinstimmung vollkommen hinreichend. — Da, wie ich vorhin bemerkte, die Herstellung der Formel (2) mir Bedenken erregte, ich überdiefs auch exactere Resultate verlangte, so liefs ich mir das in Fig. 3 Taf. I abgebildete Gestell machen. $ABCD$ ist ein solider hölzerner Rahmen 3′ breit und 2′ hoch, der bei C und D auf einem Tische EF festgeschraubt werden kann; in seiner Mitte stehen zwei 5 Zoll lange Schrauben I und K, zwei Leitstangen G und H, oben mit Knöpfen von Siegellack versehen; sie leiten einen messingenen Querstab VW, in dessen Mitte die zwei Fufs lange gläserne Röhre LM fest gekittet ist,

die aufserdem durch eine ihr entsprechende Oeffnung in *AB* hindurchgeht. In dieser Röhre ist wieder eine andere fest gemacht, die eine, von Linie zu Linie, auf Papier sorgfältig getheilte Skale enthält; durch diese geht, ordentlich befestigt, der Messingdraht *NM*, der unten mit einer Kugel *M* endigt und oben mit einer andern aus zwei Hälften bestehenden, die eine leichte Drehung um einen horizontalen Zapfen gestatten. Die untere Kugel wurde bei den Versuchen senkrecht über die Kugel *O* der Drehwage *R* gestellt, und ihr Abstand an der Skale bei *P* genau gemessen. Von der zweiten Hälfte der Kugel *N* ging dann ein anderer Draht zur Innenseite der Batterie, indem er auf den die dortigen Kugeln verbindenden Querstäben auflag, und in seinem überragenden Ende selbst mit einer Kugel endigte. Die Batterie bestand aus vier gut gearbeiteten gleichen Flaschen von der schon oben angegebenen Gröfse; sie stand isolirt auf vier kleinen gläsernen Tischen, und war äufserlich nur durch eine eng gewundene Kette von ziemlich starkem Messingdraht verbunden. Von der Aufsenseite ging ein Draht nach einer Lane'schen Flasche, bei der vornehmlich darauf gesehen war, dafs die beiden sie entladenden Kugeln unverrückt stehen bleiben mufsten. Die Aufsenseite der letzteren Flasche befand sich mit dem Erdboden in guter leitender Verbindung. Die Elektrisirmaschine hatte zwei Reibzeuge und lud die Lane'sche Flasche bei jeder Umdrehung zwei bis drei Mal. Aufserdem ging noch von der äufseren Belegung der Batterie ein beweglicher metallener, am Ende mit einer Kugel versehener Hebel aus, der durch einen seidenen Faden leicht aufgezogen und schnell zur Verbindung mit dem Erdboden herabgelassen werden konnte. Eben so gelangte von dem Drahthebel, der auf dem Seitenarm der Drehwage auflag, eine seidene Schnur in die Nähe der Batterie hin. Zu jeder einzelnen Beobachtung wurde nun, wenn die Kugel *M* in der richtigen Lage stand,

die Batterie auf denselben Grad geladen, darauf der Hebel von ihrer Aufsenseite herabgelassen, um die aufsen noch vorbande freie Elektricität zu entfernen, der Hebel von dem unterstützten Arme der Drehwage zurückgezogen, die Batterie entladen, Innen- und Aufsenseite derselben dauernd verbunden, und der Ablenkungswinkel x nach vollständigem Stillstand der Nadel aufgezeichnet.

Dritte Beobachtungsreihe. Ladung $=16$ Lan. Fl.; Kugel M von 9 Par. Lin., O von 4 Par. Lin. Durchmesser.

Einzelne Resultate. Bei $10d$: $x=15\frac{1}{2}{}^{\circ}$, 16, $16\frac{1}{2}$, $14\frac{1}{2}$, $16\frac{1}{2}$, 16, $16\frac{1}{2}$, $15\frac{8}{4}$; bei $7d$: $x=19\frac{1}{2}$, $19\frac{1}{4}$, $18\frac{3}{4}$, 20, $19\frac{1}{2}$; bei $4d$: $x=23\frac{1}{4}$, $24\frac{1}{4}$, $24\frac{1}{2}$, 25, $24\frac{1}{4}$; bei $1d$: $x=33$, 34, $34\frac{1}{2}$, 35, $34\frac{1}{2}$, 35; also:

d.	x beob.	$\log I$ beobachtet.	$\log I$ berechnet.	x ber.
1	34° 20′	$\log C+0{,}4799420-1$	$\log C+0{,}4813468-1$	34° 26′
4	24 15	$\log C+0{,}3272116-1$	$\log C+0{,}3262799-1$	24 12
7	19 24	$\log C+0{,}2296993-1$	$\log C+0{,}2261456-1$	19 14
10	15 54	$\log C+0{,}1429471-1$	$\log C+0{,}1460495-1$	16 1

$$\log A=0{,}6364137-1\ ;\ \log b=0{,}8449331-1.$$

Diese Reihe gab mir zunächst die obige Formel zur Berechnung, da die frühere nicht mehr stimmte. Um auch für gröfsere Distanzen sicher zu seyn, folgte

Vierte Beobachtungsreihe. Alles wie No. 3.

Einzelne Resultate. Bei $1d$: $x=33\frac{1}{2}{}^{\circ}$, 36, $35\frac{1}{2}$, $33\frac{3}{4}$, $33\frac{3}{4}$, 34, $35\frac{1}{2}$; bei $2d$: $x=30\frac{3}{4}$, $30\frac{1}{4}$, 31, 30, 31; bei $4d$: $x=24$, 23, 24, $24\frac{1}{2}$, $23\frac{3}{4}$, 23, $24\frac{1}{2}$, 23, $24\frac{1}{2}$; bei $9d$: $x=15\frac{3}{4}$, $15\frac{1}{4}$, $16\frac{1}{2}$, 16, $16\frac{1}{2}$, $15\frac{1}{2}$, $15\frac{3}{4}$, 16; bei $12d$: $x=14$, $14\frac{3}{4}$, $13\frac{1}{2}$, 13, $13\frac{1}{2}$, $12\frac{1}{2}$, 13, $13\frac{1}{2}$, $12\frac{1}{2}$; bei $16d$: $x=8\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{2}$, $10\frac{1}{2}$, $8\frac{1}{2}$. Also:

d.	*x* beob.	*log I* beobachtet.	*log. I* berechnet.	*x* ber.
1	34° 33'	*log C*+0,4827185−0	*log C*+0,4910667−1	35° 13'
2	30 36	*log C*+0,4292310−1	*log C*+0,4195202−1	29 56
4	23 50	*log C*+0,3196274−1	*log C*+0,3183383−1	23 46
9	15 54	*log C*+0,1429471−1	*log C*+0,1456099−1	16 0
12	13 22		*log C*+0,0654465−1	13 19
16	9 15		*log C*+0,9728815−1	10 45

$log\ A = 0,6637951 - 1$; $log\ b = 0,8272716 - 1$.

Bei der Berechnung von A und b wurden $d=12$ und $d=16$ ausgeschlossen. Dafs bei einer Distanz von 4 Zoll der beobachtete Winkel zu klein ist, kann kaum Auffallendes haben, da hier mehrere Umstände stören; dasselbe zeigte sich bei den Coulomb'schen Versuchen. Auffallender war mir indefs die Differenz bei 1*d* und 2*d*, die Fehler in der Beobachtung voraussetzt. Weitere Nachforschungen belehrten mich, dafs man auch hier besser die Beobachtungen zu verschiedenen Zeiten repetirt, da die Dauer der Versuche zu grofs ist. Ferner bemerkte ich einen eigenthümlichen Einflufs auf den Ablenkungswinkel je nach der Zeit, in der der Seitenarm der Drehwage nicht isolirt ist, selbst nach der Zeit, die man zwischen den einzelnen Beobachtungen verstreichen läfst. Man würde am nächsten an ein Residuum von Elektricität im Seitenarm denken, das erst später hervortritt, wenn mir nicht durch die späteren Versuche, die in ganz anderer Beziehung angestellt wurden, die fast unumstöfsliche Gewifsheit geworden wäre, dafs aufser dem erwähnten Umstande irgend eine Polarisation des ganzen Apparates, selbst der Batterie, im Spiele seyn müsse. Die innere Hollundermarkkugel, die mir nicht recht leitend schien, war ohne Schuld, da ihre Vertauschung mit einer zinnernen die Resultate nicht änderte. Um die Beobachtungen also rein und vergleichbar zu erhalten, wechselte ich mit den Distanzen, und zweitens suchte ich so weit als möglich die einzelnen Beobachtungen in gleichen Zeiten auf einander folgen zu lassen,

wodurch Residuum und Polarisation der jedesmaligen Intensität proportional und demnach unschädlich werden mufsten. Die folgende Reihe entsprach auch den Anforderungen besser.

Fünfte Beobachtungsreihe. Alles wie No. 3.

Einzelne Resultate. Bei $1d: x=34^\circ, 35, 34, 34\frac{1}{2}, 34, 34$; bei $4d: x=24\frac{3}{4}, 25\frac{1}{4}, 26, 24, 27, 26, 24\frac{3}{4}$; bei $9d: x=17, 18, 17, 18, 17\frac{3}{4}, 17, 17\frac{1}{2}, 18\frac{1}{4}, 18\frac{1}{4}, 16\frac{3}{4}$; bei $4d: x=23\frac{1}{2}, 25, 24\frac{3}{4}, 24\frac{1}{4}, 24\frac{3}{4}, 25\frac{1}{4}, 24\frac{3}{4}$; bei $1d: x=33\frac{1}{2}, 34\frac{1}{2}, 34\frac{1}{2}, 35, 35, 36$; bei $4d: x=26\frac{1}{2}, 25, 25\frac{1}{2}, 25, 25\frac{3}{4}, 25, 27$. Also:

d.	x beob.	$log\ I$ beobachtet.	$log\ I$ berechnet.	x ber.
1	34° 30′	$log\ C+0,4820793-1$	$log\ C+0,4856072-1$	34° 47′
4	25 14	$log\ C+0,3446142-1$	$log\ C+0,3375584-1$	24 50
9	17 33	$log\ C+0,1859818-1$	$log\ C+0,1895096-1$	17 42

$log\ A=0,8519512-1$; $log\ b=0,8519512-1$.

Schliefse man die erste Reihe als zu ungenau aus, und ebenfalls die dritte, bei der besondere Störungen zum Grunde liegen müssen, so stimmen die Werthe von $log\ b$ schon ziemlich gut mit einander überein, wenigstens so weit als es die Umstände zulassen. Dafs $log\ A$ von den speciellen Verhältnissen abhängt, ist ohne weitere Erinnerung einleuchtend, und die Werthe würden noch beliebiger ausgefallen seyn, wenn ich nicht jedesmal durch Drehung des Fadens bei $d=1$ eine Ablenkung von etwa 30° zu erreichen gesucht hätte, wie diefs die Fortsetzung der Versuche wünschenswerth machte. Bei einem gröfseren Winkel drehte sich die Nadel leicht ganz im Kreise herum.

Nach diesen Versuchen lag mir zunächst daran, bestimmt zu erfahren, ob der Werth von b von der Gröfse der Kugel an der Wage abhängt, oder allein mit der bindenden Kraft der Elektricität durch Luft hindurch zusammenhängt. Ich nahm demnach auf die Drehwage eine

Kugel von 9 Par. Lin. Durchmesser, und vertauschte auch M mit einer andern von $11\frac{1}{2}$ Lin. Durchmesser. Die Batterie wurde wieder zu 16 Lan. Fl. geladen. Die nächste Beobachtungsreihe gab mir ein sonderbares Resultat, das ich anführen mufs, weil es meine Beobachtungen gegen ein anderes etwa noch mögliches Bedenken sicher stellt. Ich erhielt nämlich bei ziemlich unter einander übereinstimmenden einzelnen Beobachtungen folgende Mittelwerthe: bei $d=1$, $x=40^{\circ}\ 7'$; bei $d=2$ vollständiges Umschlagen der Nadel; bei $d=3$, $x=43^{\circ}\ 10'$; bei $d=4$, $x=41^{\circ}\ 24'$; bei $d=5$, $x=39^{\circ}\ 8'$; bei $d=6$, $x=36^{\circ}\ 22'$; bei $d=7$, $x=33^{\circ}\ 30'$; bei $d=9$, $x=31^{\circ}\ 37'$; bei $d=12$, $x=27^{\circ}\ 15'$. Eine Erklärung dieses sonderbaren Versuchs glaubte ich nur darin finden zu können, dafs nach der Entladung der Batterie die obere Kugel der Wage auf der ihr gegenüberstehenden Kugel M Elektricität binde, und dadurch im Seitenarm eine unregelmäfsige Vertheilung entstände. Da indefs keine Berechnung stimmen wollte, schritt ich zum Versuch, der die beiden Effecte trennen sollte. Hierzu schraubte ich an die Seitenarme AC und BD des hölzernen Rahmens (Fig. 3 Taf. I) zwei Leisten bis zur Höhe der sich drehenden Kugel N, liefs ein neues Gestell machen, welches das vorhandene umfafste, und worin dieses an zwei Stiften in horizontaler Linie durch N schwebte. Als nun die Beobachtungsweise ganz wie früher erfolgte und die Nadel zur Ruhe gekommen war, zog ich durch eine Schnur den inneren Rahmen seitwärts heraus und entfernte damit die Kugel M von O; allein die Nadel blieb ruhig stehen, bewegte sich wenigstens auf keine mir bemerkbare Weise. Bestätigte mir dieser Versuch gleich meine Annahme nicht, so machte er mich doch darüber sicher, dafs man durch die Kugel M keine schädliche Einwirkung auf die bisherigen Beobachtungen annehmen dürfe. Uebrigens kam ich auch bald über das vorliegende Sachverhältnifs in's Klare, da ich fand, dafs die Quantität der

der auf der gröfseren Kugel gebundenen Elektricität zu grofs war, und dafs die Verbreitung dieser Elektricität nicht schnell genug erfolgte, um nicht schon etwas zu früh die Nadel zurückzustofsen. Ich operirte von jetzt ab mit schwächerer Ladung der Batterie, und die Störungen blieben aus. Zum Belege gebe ich die folgenden vier Reihen.

(Schlufs im nächsten Heft.)

III. *Ueber die Volta'schen Fundamentalversuche; von F. Dellmann.*

Die in der Ueberschrift genannten Versuche lassen sich mit dem in diesen Annalen (Bd. LIII S. 606) bereits beschriebenen Elektrometer viel leichter anstellen, als mit jedem andern, weil sich die Empfindlichkeit dieses Instruments bis zu einem sehr bedeutenden Grade ohne sonderliche Mühe steigern läfst. Es ist klar, dafs da, wo sehr geringe Mengen Elektricität nachzuweisen sind, wie es bei den genannten Versuchen der Fall ist, auf die Empfindlichkeit des Elektrometers das meiste ankommt; folglich gelingen da die Versuche auch um so besser, je empfindlicher das Instrument ist. Um eine Vorstellung von der Empfindlichkeit meines Instrumentes zu geben, führe ich folgende Erscheinungen an.

1) Wenn man eine Erregerplatte aufschraubt, und eine zweite von heterogenem Metall (die eine von Zink, die andere von Kupfer) mit einem Lackstiel versehen darauf stellt und dann an dem Lack abhebt, so zeigt sich an der Bewegung des Wagebalkens die Elektricität der aufgeschraubten Platte selbst dann noch, wenn der Streifen, in welchem die Platten sich berührten, nur ein Paar Linien breit war. Berühren sich beide Platten nur am

Rande, oder wird die eine so aufgesetzt, dafs die zugewandten Flächen nicht parallel sind, oder werden diese Flächen nicht parallel abgehoben, so zeigt sich nie eine Spur von Elektricität, so wie auch dann nicht, wenn beim Abheben die aufgeschraubte Platte ableitend berührt wird. Ich bemerke diefs blofs, damit man sieht, dafs ich es nicht an Gegenversuchen habe fehlen lassen. Sehr interessant ist bei diesem Experiment, zu sehen, wie die Menge der durch Berührung entstandenen Elektricität sich mit der Gröfse der Berührungsfläche vermehrt; denn je breiter man den Streifen nimmt, in dem beide Platten sich berühren, desto gröfser ist nach dem Abheben die Bewegung des Wagebalkens.

2) Wenn ich ein Pfennigstück, welches so weit abgerieben wurde auf Sand, dafs man die Lettern zum Theil noch recht gut lesen kann, auf eine Zinkplatte stelle, und nun wieder aufhebe an seinem Lackstiel, so zeigt es sich noch entschieden mit — Elektricität versehen, besonders dann sehr deutlich, wenn ich dem Zuleitungsdrahte diese Elektricität mittheile, nachdem ich jede Vergröfserung seiner Oberfläche entfernt habe. Der Wagebalken macht dann gewöhnlich eine Bewegung von 10 bis 15 Grad. Wenn ich den Pfennig auf Platin stelle, zeigt er sich nach dem Abheben mit + Elektricität versehen, mit — Elektricität hingegen wieder, wenn er auf Weifsblech, welches gar nicht abgerieben worden, gestanden hat.

3) Lege ich eine frisch abgeriebene Zinkplatte auf eine andere, die nicht ganz blank ist, so zeigt sie sich immer +, letztere hingegen — elektrisch.

Die Empfindlichkeit wird hauptsächlich bedingt: 1) durch die Breite des Streifchens, 2) durch die Länge und Dicke des Zuleitungsdrahtes, 3) die Länge des Wagebalkens, 4) die Schwere desselben, 5) die Gröfse der Torsion des Coconfadens, 6) die Entfernung des Querdrahts vom Streifchen, und 7) durch die Gröfse des

Winkels, den Streifchen und Querdraht (beide in einer Ebene gedacht) mit einander bilden.

1) Die Empfindlichkeit hängt weit weniger, als ich früher glaubte, von der Breite des Streifchens ab. Nach neueren und sorgfältigeren Versuchen [1]) kann ich der im XXXXI Bande, S. 232, dieser Annalen ausgesprochenen Ansicht Fechner's nicht mehr beipflichten. Das Goldblättchen des Säulen-Elektrometers wird durch Vergröſserung der Breite auch schwerer, und da seine Schwere der Kraft entgegenwirkt, welche dasselbe in Bewegung setzt, so muſs zwar bei diesem Elektrometer die Verbreiterung des Metallstreifchens von einem gröſseren Einflusse seyn, als bei dem meinen; aber er müſste doch auch bei meinem Instrumente mehr hervortreten, als dieſs wirklich der Fall ist, wenn Fechner's Ansicht richtig wäre. Wird das Streifchen oder das Goldblättchen breiter, so muſs ja auch nach dem Princip der Elektricitäts-Vertheilung auf der Oberfläche eines Körpers die Intensität der Elektricität an den Rändern gröſser werden und die Zahl der wirkenden Punkte sich vermehren. Diese Gründe und meine Erfahrungen sprechen gegen Fechner. Solche Verschiedenheiten in der Empfindlichkeit des Instruments bei verschiedener Breite des Metallstreifchens, wie er sie beobachtet hat, habe ich an meinem Apparate bei ähnlichen Variationen dieser Breite gar nicht wahrnehmen können. Ich bin daher der Ansicht, daſs bei seinen Versuchen die Verschiedenheit der Erscheinungen hauptsächlich aus der verschiedenen Schwere des Goldblättchens abgeleitet werden muſs. Die gröſste Empfindlichkeit glaube ich an meinem Instrumente bemerkt zu haben, wenn das Streifchen etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linie breit ist. Bei gröſserer Breite entfernen sich die beiden Regionen am Rande angehäufter Elektricität zu weit

1) Die ich so anstellte, daſs ich die Breite des Streifchens eines und desselben Instruments vielfach abänderte, und es nach einer jeden Veränderung mit einem und demselben anderen Instrumente verglich.

vom Wagebalken und wirken zu schräg auf ihn, und bei kleinerer scheint die Zahl der wirkenden Punkte zu gering zu seyn.

2) Um die Oberfläche des Zuleitungsdrahtes möglichst zu verringern, bin ich wieder, aber auch noch aus andern Gründen, auf die ursprüngliche Construction des Instrumentes zurückgekommen. Ich leite nämlich den Zuleitungsdraht wieder unten von der Seite her in das Glas hinein. Seine beiden Enden gehen dann lothrecht in die Höhe; das innere, um das Streifchen aufnehmen, das äufsere, um den Condensator anbringen zu können. In dieser Form hat der Apparat die Ansicht der Fig. 5 Taf. I. Die einzelnen Theile führen folgende Bezeichnung: *a* ist der Draht, an welchem der Coconfaden hängt, *b* der Stöpsel, durch welchen dieser Draht geht; *c* der Dekkel, *d* der Coconfaden; *e* der Draht, an welchen unten das Streifchen gelackt ist; *f* das Streifchen; *g* der Wagebalken, dessen nicht sichtbare Hälfte durch Punkte angedeutet ist; *h* der Zuleitungsdraht; *i* der Collector; *k* der Querdraht, der an seinem äufseren Ende mit einem Kork *l* versehen ist, um ihm leichter die Elektricität eines Isolators mittheilen zu können.

3) Ueber die zweckmäfsigste Länge des Wagebalkens habe ich viele Versuche angestellt, indem ich sie etwa von 1 bis 4 Zoll variiren liefs. Man bemerkt bald, dafs ein kurzer Wagebalken sich schneller bewegt, wenn man ihm eine gewisse Menge Elektricität mittheilt, als ein längerer; Beweis genug, dafs mit der Verlängerung desselben die ihn bewegende Kraft in geringerem Grade wächst, als seine Masse. Eine langsamere Bewegung hat aber auch den Nachtheil, dafs sie nicht so auffallend ist, nicht so leicht wahrgenommen wird, als eine schnellere. Dagegen führt eine Verlängerung des Wagenbalkens den Vortheil herbei, dafs seine Endpunkte vom Streifchen eine gröfsere Entfernung haben bei derselben Gröfse des Winkels, den beide mit einander bilden. Ferner hat jeder Wagebal-

ken einen unwirksamen Theil, den Bügel, der von dem wirksamen mit in Bewegung gesetzt werden mufs. Wenn auch dessen Theilchen sich dem Hypomochlion am nächsten befinden, also zur Bewegung am wenigsten Kraft erfordern, so darf man bei einer kleinen Summe doch auch die kleineren Summanden nicht unbeachtet lassen. Es wird also ein Minimum und ein Maximum für die beste Länge des Wagebalkens geben. Ich glaube nun gefunden zu haben, dafs die zweckmäfsigste Länge seiner Arme etwa die eines Zolles ist.

4) Um die Schwere des Wagebalkens möglichst zu verringern, klopfe ich seine Arme so dünn, dafs ich von der Breite noch etwas abschneiden kann. Dadurch wird auch der Rand noch schärfer und der Luftwiderstand, der sich seiner Bewegung entgegenstellt, wird vermindert.

5) Zur besseren Regulirung der Torsion des Coconfadens ist die in 2) angegebene Form des Instrumentes recht zweckmäfsig. Man zieht hier, um die Torsion recht klein zu haben, den Draht, an welchem der Coconfaden hängt, durch den Stöpsel in die Höhe, so dafs der Wagebalken über dem Streifchen schwebend sich auslaufen kann. Ist die Torsion so zu Null geworden, so senkt man den Wagebalken wieder. Wenn dabei das Streifchen nicht genau in die Mitte des Wagebalkenbügels kommt, so läfst sich durch Drehen des Dekkels leicht nachhelfen, ein Vortheil, der nur mit dieser Form des Apparates verbunden ist. Man braucht nun, wenn der Wagebalken bis zur geeigneten Tiefe gesenkt ist, immer nur so weit zu drehen am Draht *a*, dafs der Wagebalken eben anschlägt. Mufs man aber das Anschlagen durch Biegen und Drehen des Drahts *a* bewerkstelligen, so wird selten Anschlagen stattfinden, wenn die Torsion den rechten Grad erreicht hat; man mufs dann noch weiter drehen und die Torsion zu grofs nehmen.

6) Die Entfernung des Querdrahts vom Streifchen darf nicht zu klein, aber auch nicht zu grofs seyn. Brachte

ich das wagerechte Stück des Querdrahts so nahe zum Streifchen, dafs die Entfernung weniger als eine Linie betrug, so verringerte sich die Empfindlichkeit. Offenbar nimmt dann die Stärke der gebundenen Elektricität im Streifchen zu rasch ab, so dafs sie auf die Enden des Wagebalkens nicht intensiv genug wirkt [1]). Wichtiger scheinen die beiden aufrechten Theile des Querdrahts zu seyn, als das horizontale Stück. Man mufs sie in solche Entfernung von einander bringen, dafs sie in nicht zu schräger Richtung auf die Enden des Wagebalkens wirken, also etwa so weit, wie der Wagebalken lang ist. Ich habe dem Querdraht noch eine gröfsere Einwirkung durch Verzweigungen zu verschaffen gesucht, aber vergebens; der ganz einfache Draht ist am

1) Auf der Versammlung in Mainz wurde mir eingewendet, dafs man sich die Bewegung des Wagebalkens nach der Elektrisirung des Querdrahts auch durch die blofse Einwirkung des Querdrahts und Wagebalkens auf einander erklären könne, ohne die Wirksamkeit des Streifchens mit zu Hülfe zu nehmen. Ich würde diese Einwendung nicht erwähnen, wenn sie nicht von einem bedeutenden Physiker herrührte. Ich bemerke dagegen, dafs diese Erklärung weder mit den Sätzen der Vertheilungslehre, noch mit der Erfahrung übereinstimmt. Denn wenn das Streifchen nicht elektrisch wäre, so müfsten die beiden Elektricitäten auf den zwischen ihm (f) und k schwebenden Wagebalken gleichmäfsig einwirken, was aber nicht der Fall ist. Hat k z. B. + Elektricität erhalten, so mufs in f und h nur — Elektricität gebunden seyn, weil man die freie + Elektricität durch Auflegen des Fingers ableitet. Diese — Elektricität hat also auch g von f erhalten. Nähert man nun einen — elektrischen Körper dem äufseren Ende des Zuleitungsdrahtes, so wird der Winkel, den f und g bilden, gröfser; nähert man aber einen + elektrischen, so wird dieser Winkel kleiner. Noch entschiedener ergiebt sich indefs die Sache aus folgendem Versuch. Hat g, zwischen f und k durch die Elektricität des letzteren schwebend, seine Elektricität nur von diesem, so verliert er sie auch mit demselben. Nun schlägt er zwar an, wenn man k seine Elektricität nimmt, aber er ist doch noch elektrisch, was man daran sieht, dafs er, wenn er durch Drehen des Drahts a wieder von f entfernt wird, entgegengesetzte Bewegungen macht, wenn man entgegengesetzt elektrische Körper dem äufseren Ende des Zuleitungsdrahts nähert.

wirksamsten oder doch nicht merklich weniger wirksam, als eine complicirtere Anordnung.

7) Den Winkel, welchen Querdraht und Streifchen bilden, nehme ich gern noch etwas gröfser, als ein rechter ist; theils um das völlige Herumschlagen des Wagebalkens zu verhüten, theils um den Wagebalken einen hinlänglich grofsen Winkel mit dem Streifchen, etwa einen von 20 bis 30 Grad, machen zu lassen. Sind beide Winkel kleiner, so hat man entweder für Versuche mit beiden Elektricitäten zu wenig Spielraum, oder das etwas lästige Herum- oder Anschlagen des Wagebalkens tritt zu leicht ein. Beides letztere kann man bei der angegebenen Einrichtung durch zeitiges Auflegen des Fingers auf den Zuleitungsdraht leicht verhüten, und doch die Bewegung des Wagebalkens sehr deutlich wahrnehmen. Natürlich ist aber das Instrument um so empfindlicher, je kleiner der Winkel ist, den Streifchen und Querdraht mit einander bilden. Ist dieser Winkel, d. h. der von beiden Nebenwinkeln, durch den der Wagebalken sich bewegt, etwa 100 Grad, und hat man die übrigen Mittel zur Erhöhung der Empfindlichkeit gehörig in Anwendung gebracht, so zeigt das Instrument die oben angegebenen Erscheinungen sehr regelmäfsig.

Um das Lästige zu vermeiden, welches damit verbunden ist, dem Querdraht die zweckmäfsige Menge Elektricität zu geben, mufs man Folgendes beachten. Zunächst wählt man Körper von passender Gröfse für diese Mittheilung. Ich habe ein Scheibchen Kork von etwa $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und ein etwas gröfseres Glasscheibchen dazu bestimmt. Der Wagebalken läfst gewöhnlich nicht von selbst los, sondern man mufs etwas an den Tisch oder an das Glas klopfen, um ihn zur Bewegung zu bringen. Sieht man, dafs er zu weit gehen, dafs er herumschlagen, sich über den Querdraht stellen will, was häufig der Fall ist, wenn dieser zum ersten Mal Elektricität bekommen hat, so legt man schnell den Finger

an das äufsere Ende des Querdrahts und läfst auf diese Weise den Wagebalken zurückkommen, aber nicht ganz anschlagen. Bevor Anschlagen stattfindet, giebt man dem Querdraht wieder auf's Neue Elektricität mit demselben Körper, den man in der Zwischenzeit isolirt gelassen hat. Will nun der Wagebalken noch einmal herumschlagen, so wiederholt man dieselbe Operation, und diefs so oft, bis der Wagebalken nicht mehr herumschlägt. Ist bei der letzten Mittheilung die Entfernung des Wagebalkens vom Streifchen noch etwas zu grofs, so nimmt man dem Querdraht mit einem kleinen isolirten Leiter, z. B. mit einem Probescheibchen, noch so viel Elektricität, bis die Entfernung die rechte ist; sollte sie zu klein seyn, so trägt man etwas nach. Hat der Querdraht einmal die rechte Menge Elektricität, so kann man lange experimentiren, ohne die beschriebene Operation wiederholen zu müssen, wenn man nur von Zeit zu Zeit etwas Elektricität nachträgt.

Die Volta'schen Grundversuche haben entweder die Nachweisung derjenigen Elektricität zum Zweck, welche der Condensator aufnimmt, wenn man seine Collectivplatte mit einem heterogenen Metalle berührt, welches durch den Finger oder überhaupt einen Leiter mit dem Erdboden communicirt; oder derjenigen, welche zwei ohne alle Mitwirkung von Feuchtigkeit isolirt mit einander in Berührung gewesene heterogene Platten nach der Trennung zeigen. Bekanntlich sind den Physikern [1]) die Versuche der ersteren Art von jeher besser gelungen, als die der letzteren. Es war mir daher bei der Construction meines Instruments interessant, zuerst gerade die letzt bezeichnete Elektricität recht gut darstellen zu können, dagegen die erstbezeichnete gar nicht. Ich suchte mit Recht den Grund in der Verschiedenheit zwischen dem Säulen-Elektrometer und dem meinen, und fand ihn denn auch bald in dem Umstand, dafs bei

1) Man sehe diese Annalen Bd. XXXXI S. 225.

jenem das dünne Metallblättchen sich einem auf dasselbe einwirkenden Körper annähern, bei diesem sich aber davon entfernen mufs. Diese Ansicht und der Wunsch, dem Instrumente eine noch gröfsere Empfindlichkeit geben zu können, führten mich zur Anbringung des Querdrahts, mit dessen Hülfe ich von vornherein den Wagebalken vom Streifchen entfernt halten wollte, damit die Adhäsion nicht mehr störend einwirken könne, und *der* Vortheil des Säulen-Elektrometers erlangt würde, vermöge dessen das Metallblättchen zwischen zwei in entgegengesetzter Richtung auf dasselbe wirkenden Kräften schwebt, und also nun um so leichter zur Bewegung gebracht werden kann. So erlangte ich den Vortheil des Säulen-Elektrometers, und umging *den* Nachtheil desselben, vermöge dessen die Schwere des Metallblättchens der Kraft entgegen wirkt, welche dasselbe in Bewegung setzt. Wir wollen nun noch die Versuche kurz angeben.

A. Versuche ohne Condensator.

a) Ohne Querdraht.

Man schraubt eine Platte am Rande auf das äufsere Ende des Zuleitungsdrahtes. Dann berührt man sie von jeder Seite mit einer heterogenen Platte, die man an einem Lackstiel hält. Die Dauer dieser Berührung, während welcher der Wagebalken nie eine Bewegung macht, ist gleichgültig. Nun hebt man die berührenden Platten an ihren isolirenden Handhaben ab, indem man dafür sorgt, dafs die Flächen möglichst in allen Punkten zugleich getrennt werden. Im Augenblicke des Abhebens wird der Wagebalken abgestofsen oder nicht. Findet Ersteres statt, so hat man zu sehen, ob er wieder anschlägt oder nicht. Im ersteren Falle ist er durch das störende Rütteln des Instrumentes abgestofsen worden. Um dasselbe leichter vermeiden zu können, ist die obige Construction weit zweckmäfsiger, als die früher angege-

bene. Man vermeidet es noch leichter, wenn man dem Instrumente einen breiteren Fuſs giebt, als die gewöhnlichen Gläser haben. Ich steckte deshalb den Fuſs des Glases in einen Dosendeckel, an dessen Boden ich drei vorstehende Füſse geleimt habe. In diesen Deckel wird das Instrument mittelst Papier eingeklemmt. Dadurch erlange ich auch noch den Vortheil, das Instrument beim Versetzen auf eine andere Unterlage leicht wieder so stellen zu können, daſs der Wagebalken dem Streifchen parallel ist, indem ich das Glas an geeigneter Stelle etwas tiefer in den Deckel drücke oder emporhebe. Wird der Wagebalken beim Abheben der Platten nicht abgestoſsen, so ist entweder ein Fehler gemacht worden, oder er wird durch Adhäsion festgehalten. Man bringt ihn deshalb durch leises Klopfen zum Abstoſsen, und sieht, ob er wieder anschlägt. Ist das Elektrometer empfindlich genug, so gelingt der Versuch noch leichter, wenn man eine Platte in der Mitte der einen Fläche aufschraubt, eine Platte darauf stellt, und diese dann isolirt abhebt, weil das Abheben hier leichter ist. Es läſst sich bei diesem Versuch auch die Elektricität der abgehobenen Platte leicht nachweisen, wenn man der aufgeschraubten erst ihre Elektricität nimmt und sie dann am Rande mit der abgehobenen berührt; besser jedoch, wenn man die eine Platte erst abschraubt und dann dem Zuleitungsdraht die Elektricität der abgehobenen zukommen läſst.

b) Mit dem Querdraht.

Man läſst den Wagebalken durch die Elektricität des Querdrahts abstoſsen. Dann nimmt man dem Zuleitungsdraht jede Vergröſserung seiner Oberfläche, oder man schraubt eine Erregerplatte auf. Im ersten Falle bringt man entweder zwei heterogene Platten isolirt mit einander in Berührung und trennt sie wieder, oder man legt die eine auf eine leitende Unterlage und hebt die andere, deren Elektricität man prüfen will, isolirt ab.

Leichter sind jedoch die Versuche im zweiten Falle. Man kann dann nicht nur besser zeigen, wie die Menge Contact-Elektricität sich mit der Gröfse der Berührungsflächen vermehrt, sondern kann auch leichter das Gesetz anschaulich machen, dafs die beiden Mengen Elektricität, welche auf den heterogenen Platten entwickelt worden, stets gleich sind. Man sieht nämlich, wenn man nach dem Abheben die Platten am Rande in Berührung bringt, den Wagebalken immer genau an die Stelle zurückgehen, die er im nichtelektrischen Zustande des Zuleitungsdrahtes einnahm. Auch kann man die beiden Elektricitäten der verschiedenen Platten leicht nachweisen, wenn man erst an der Bewegung des Wagebalkens die Elektricität der aufgeschraubten Platte ansieht, dann diese mit dem Finger wegnimmt und nun beide Platten am Rande oder schief in Berührung bringt, also auf diese Weise der aufgeschraubten Platte die Elektricität der abgehobenen mittheilt.

B. Versuche mit dem Condensator.

a) Versuche, um die während der Berührung gebundene Elektricität zu zeigen.

Die vorigen Versuche kann man so wiederholen, dafs man die an isolirenden Handhaben abgehobenen homogenen (wo dann die eine heterogene, welche von beiden Seiten berührt wird, auf einem isolirenden oder nichtisolirenden Gestell befestigt seyn kann) Platten beide, entweder indem man sie vorher auf einander legt, oder die eine nach der andern, mit derjenigen Platte des Condensators in Berührung bringt, welche aus demselben Metall besteht, während dessen man die andere Condensatorplatte mit dem feuchten Finger berührt. Will man aber mit nur zwei Platten den Versuch anstellen, so legt man zweckmäfsig die eine, welche nicht zum Laden des Condensators dienen soll, auf eine leitende Unterlage. Hält man sie beide an Lackstielen, so mufs man jedes-

mal die eine, welche nicht mit dem Condensator in Verbindung gebracht wurde, mit dem Finger betasten, oder man mufs einen Condensator aus heterogenen, mit den Elektromotoren gleichnamigen Platten haben. Wenn nur einige Uebertragungen an den Condensator vorhergegangen sind, so schlägt der Wagebalken ohne Hülfe des Querdrahts meist schon so weit ab, dafs er fast senkrecht steht auf dem Streifchen. Deshalb kann man hier den Querdraht nicht gebrauchen, weil sonst der Wagebalken jedesmal ganz herumschlagen würde. Die Versuche lassen sich auch so anstellen, dafs der Condensator aus jedem beliebigen Metall bestehen kann, wenn man nur die Erregerplatte nicht unmittelbar oder mittelst einer Platte aus anderem Metall, sondern etwa vermittelst eines Stücks Papier mit der Collectorplatte in Verbindung setzt.

b) Versuche, um die während der Berührung freie Elektricität zu zeigen.

Wegen ihrer geringen Menge läfst sich diese Elektricität nur mit dem Condensator nachweisen, und zwar am besten mit Hülfe des Querdrahts; jedoch ist es mir in nicht seltenen Fällen gelungen, sie auch ohne diesen zur Wahrnehmung zu bringen. Wohl am regelmäfsigsten treten die Erscheinungen ein, wenn ich die Condensatorplatten durch Luft trenne, indem ich auf die eine ein Paar kleine Tröpfchen Lack gebracht habe. Sind beide Flächen ganz mit Lack überzogen, so hält es schwer, sie bei den Versuchen stets ganz frei von Elektricität zu halten. Man braucht bekanntlich, wenn man eine der Condensatorplatten als Erregerplatte benutzt, diese nur an irgend einem Punkte mit dem in der Hand gehaltenen heterogenen Metall zu berühren, während welcher Zeit die andere Condensatorplatte mit dem Boden in leitender Verbindung steht. Bekanntlich können bei diesem Versuch auch die beiden Condensatorplatten, wenn sie von verschiedenem Metall sind, durch einen isolirten

Draht in Verbindung gesetzt werden; dann fällt natürlich die Berührung mit dem Finger weg. Nimmt man keine Condensatorplatte als Elektromotor, so müssen entweder eine Erreger- und die Condensatorplatte, an welche übertragen wird, von demselben Metall seyn, oder man mufs das Uebertragen mittelst eines Stücks Papier bewirken.

Alle Erscheinungen treten bei den Versuchen mit diesem Instrumente nach einiger Uebung in den Manipulationen mit grofser Regelmäfsigkeit ein. Wer die Volta'schen Fundamentalversuche je mit so sicherem Erfolge angestellt hat, wie dieser Apparat ihn gewährt, der kann an der Richtigkeit der Contacttheorie nicht mehr zweifeln.

Das beschriebene Elektrometer, unter meiner Aufsicht angefertigt, und mit Condensator- und Erregerplatten versehen, um die beschriebenen Versuche alle anstellen zu können, ist bei mir für vier Thaler zu haben.

IV. *Untersuchungen über einige anomale und normale galvanische Erscheinungen; von F. C. Henrici.*

(Fortsetzung von Bd. LV S. 466) [1]).

II. Versuche mit Aetzkalilösung.

Die Erscheinungen, welche eine mit concentrirter und schwach diluirter Aetzkalilösung zusammengesetzte Platin-

1) In meiner ersten Mittheilung im Band LV sind folgende störende Druckfehler zu verbessern:

Seite 263	Z. 6	v. u.	negativen	l. negativeren
—	—	—	metallisch	l. metallischen
— 456	Z. 21	v. o.	welchen	l. welcher
— 457	Z. 2	—	nur	l. nun
— 460	Z. 1	v. u.	462	l. 263
— 462	Z. 1	—	verstärkt	l. nicht verstärkt.

Eisen-Kette zeigt, sind durchaus verschieden von denen, welche diese Kette mit einer Schwefelkaliumlösung hervorbringt. Der galvanische Strom, welcher bei der Schliefsung der Kette im ersten Falle entsteht, ist stets dem vorhandenen Metallcontact entsprechend, und bei einer gleichzeitigen Einsenkung beider Metalle in die Lösung keineswegs unkräftig zu nennen. Die Anomalie bei dieser Combination besteht einzig und allein in der raschen Abnahme des Stromes. Bei meinen Versuchen mit Platin- und Eisendrähten betrug die Ausweichung der Multiplicatornadel stets gegen 60°; aber nach kurzer Zeit kam die Nadel auf eine constante Ablenkung von 2° und darunter zurück. Faraday meint, diefs zeige um so mehr, wie wenig der Metallcontact vermöge, da aufser diesem eine geringe chemische Action zwischen dem Eisen und der Lösung stattfinde; und eben diese betrachtet er denn ohne Zweifel als das eigentlich elektromotorisch Wirksame in der Kette.

Um diese Erörterung durch einen entscheidenden Versuch zu beleuchten, leitete ich den Strom einer in Schneewasser stehenden Kupfer-Eisenkette durch zwei in Aetzkalilösung gestellte homogene Platindrähte hindurch, und erhielt einen Ausschlag der Multiplicatornadel von 53°. Aber auch jetzt verminderte sich die Ablenkung der Nadel fortwährend, und nach anderthalb Stunden betrug sie nur noch 2° ½. Mit Faraday zu argumentiren, müfste man nun sagen, die Wirkung der angewandten Elektricitätsquelle sey alsdann beinahe erloschen gewesen. Diefs würde aber nicht nur einen Widerspruch mit seinen eigenen Ansichten enthalten (denn die chemische Action des Wassers auf das Eisen dauerte fort), sondern es war auch in der That nicht der Fall, vielmehr zeigte sich diese Wirkung bei directer Prüfung der Kette ungeschwächt.

Die wahre Ursache der raschen Abnahme der Stromstärke in beiden angeführten Combinationen ist, wie be-

reits Fechner und Poggendorff nachgewiesen haben, zunächst keine andere, als die rasche Erzeugung einer sehr beträchtlichen Gegenwirkung an den in der Kalilösung befindlichen Metallen durch den ursprünglichen Strom selbst, kurz das, was man eine galvanische Polarisirung oder Ladung zu nennen pflegt. Der einfachste Beweis für diese Behauptung liegt in der Wirkung, welche eine kurze Oeffnung der Kette hervorbringt. Als die Ablenkung der Multiplicatornadel durch meine Platin-Eisenkette auf 2° herabgekommen war, schlofs ich die Kette durch eine zweite, aus einem kurzen Drahte bestehende Leitung, wodurch die Nadel auf 0° zurückging. Bei der Aufhebung dieser Nebenschliefsung machte dieselbe darauf eine Bewegung von 4° und beruhigte sich wieder in der vorigen Lage. Hierauf wurde die Kette geöffnet und nach fünf Minuten wieder durch den Multiplicator geschlossen; es erfolgte nun eine Ausweichung der Nadel von 14°. Derselbe Versuch, mit der andern vorhin angeführten Combination ausgeführt, gab ein völlig gleichartiges Resultat. Die Oeffnung des Bogens bewirkte also hier eben dasselbe, was sie stets in solchen Fällen bewirkt, nämlich eine Verminderung der erzeugten Polarisation.

Es kam demnach jetzt darauf an, die Wirkung der durch die Kette erzeugten Polarisation für sich in solcher Weise zur Anschauung zu bringen, dafs sich beurtheilen liefs, ob dieselbe zur Erzeugung der bedeutenden raschen Schwächung des ursprünglichen Stromes der Kette hinreiche oder nicht. Zur Untersuchung dieses Gegenstandes habe ich eine Reihe von Versuchen unternommen. Zwar kann das dabei von mir angewandte Verfahren nicht eigentlich ein messendes genannt werden; die galvanische Polarisation ist ein so vergänglicher Zustand, dafs die bis jetzt bekannten Messungsmethoden für galvanische Ströme hier ganz unanwendbar sind. Indessen scheinen mir doch die von mir gewonnenen Re-

sultate zu einer guten Vergleichung brauchbar und damit zur Entscheidung der aufgestellten Frage geeignet zu seyn. Die hierbei zu beobachtenden Elemente waren folgende:

A. die Ausweichung der Multiplicatornadel bei der Schliefsung der Platin-Eisenkette;

B. Die nach Verlauf einer bestimmten Zeit, während welcher die Kette geschlossen blieb, durch die an den Metallen erzeugte Polarisation hervorzubringende Ausweichung der Multiplicatornadel;

C. diejenige Ausweichung der Nadel, welche die Kette nach eben dieser Zeit für sich noch zu bewirken vermochte.

Vergleicht man dann die Zahl *B* mit der Differenz der Zahlen *A* und *C*, so wird sich (da eine feinere Berechnungsmethode unter den vorliegenden Umständen nicht angewandt werden kann) genügend beurtheilen lassen, ob die Polarisation die alleinige Ursache der raschen Abnahme der Kettenwirkung ist oder nicht.

Da es nicht möglich war, die an den beiden Metallen der Kette erzeugte Polarisation gleichzeitig zur Beobachtung zu bringen, so mufsten die Metalle, jedes für sich, in gesonderten Versuchen untersucht werden. Zu dem Zwecke schob ich zwei Platindrähte und zwei Eisendrähte durch ein passendes Korkstück mit ihren oberen Enden so hindurch, dafs sie, im Viereck stehend, einigermafsen gleich weit von einander entfernt waren. Auf die vorragenden Spitzen der Drähte wurden kleine Quecksilbernäpfchen gesteckt und sodann der untere Theil der Drähte in das die Kalilösung enthaltende Cylinderglas so eingesenkt, dafs die Drähte etwa 25 Millimeter hoch von der Lösung benetzt waren. Der eine von den Platindrähten und der eine von den Eisendrähten waren zur Bildung der Kette, der andere Platindraht und der andere Eisendraht aber zur Untersuchung der an jenen entwikkelten Polarisation bestimmt. Vor dem Beginn eines jeden

den Versuchs wurde die Homogenität der gleichartigen Drähte geprüft, und, wenn sie nicht sogleich vollständig vorhanden war, abgewartet. In das System der verschiedenen erforderlichen Leitungen wurde ein commutirender gleicharmiger Hebel eingeschaltet, dessen beide Arme gebogene Drähte trugen, welche dazu dienten, je zwei Quecksilbernäpfchen mit einander zu verbinden. Wenn der eine Arm dieses Hebels gesenkt wurde, so erfolgte eine Schliefsung der Kette; durch eine darauf folgende Senkung des andern Arms wurde diese Schliefsung aufgehoben, und unmittelbar darauf eine Verbindung zwischen zwei Eisendrähten oder zwei Platindrähten hergestellt. Nachdem Alles vorbereitet war, wurde die Kette zuerst durch den Multiplicator geschlossen und die Ausweichung der Nadel beobachtet; alsdann wurde die Kettenschliefsung durch den Commutator bewirkt, und der Multiplicator in das zweite und herzustellende Leitungssystem eingefügt, welches nach Verlauf von 5 Minuten durch Senkung des zweiten Hebelarms geschlossen wurde, wodurch dann die an dem einen der beiden Drähte der Kette erzeugte Polarisation zur Wirkung auf die Nadel kam. Zur Prüfung der Polarisation an dem andern Drahte war dann ein zweiter Versuch erforderlich; es zeigte sich aber die auffallende Erscheinung, dafs diese an dem Platindrahte so gering ausfiel, dafs sie in der fortlaufenden Versuchsreihe nur einmal untersucht zu werden brauchte. Endlich wurde, nachdem die Polarisation wieder erloschen war, die Kette auf's Neue durch den Commutator geschlossen, zugleich aber der Multiplicator durch eine vorher eingefügte kurze Nebenschliefsung unwirksam gemacht, so dafs die Nadel in Ruhe blieb, bis diese Nebenschliefsung nach 5 Minuten wieder aufgehoben wurde, wodurch dann die Wirkung des in der geschlossenen Kette noch vorhandenen residuellen Stromes auf die Multiplicatornadel sichtbar wurde.

Ich lasse nun die Ergebnisse von vier zusammengehörigen Beobachtungsreihen hier folgen:

	Ausweichungen.			
A. Bei Schliefsung der Kette	57°	29°	23°	16°
B. Polarisation des Eisendrahts	39°	24°	20°	14°
C. - - - Platindrahts	1°	1°	1°	1°
D. Residueller Strom der geschlossenen Kette	6°	2°	1°	1°
Differenz von *A* und *D*	51°	27°	22°	15°
Summe von *B* und *C*	40°	25°	21°	15°

Die hier mit einander verglichenen Zahlen zeigen, wie man sieht, eine vom Anfang der Beobachtung an zunehmende Uebereinstimmung. Bei der letzten der Beobachtungsreihen ist dieselbe für vollständig zu nehmen; dafs sie bei der ersten nicht in gleichem Maafse stattfindet, liegt zum Theil in der für gröfsere Bögen zu fehlerhaft werdenden Berechnungsweise, und zum Theil darin, dafs es nicht wohl möglich war, das völlige Erlöschen der an dem Eisendrahte erzeugten Polarisation abzuwarten [1]). Das zurückbleibende Residuum derselben war zwar nicht bedeutend; allein es hat doch auf die vierte Beobachtung der ersten Reihe schwächend eingewirkt und demnach für diese eine zu kleine Zahl herausgestellt. In den folgenden Beobachtungsreihen wirkte aber die angegebene Ursache nicht nur auf die vierte, sondern in gleichem Maafse auch auf die erste Beobachtung ein, und führte dadurch eine fast vollkommene Compensation herbei. Diese Reihen stellen daher das Wesen der Erscheinung am besten dar. Aus allen Versuchsergebnissen geht demnach mit gewifs genügender Evidenz hervor, dafs die rasche Wirkungsabnahme, welche eine mit concentrirter oder wenig diluirter Aetzkalilösung zusammengesetzte Platin-Eisenkette nach ihrer Schliefsung zeigt,

1) Streng genommen konnte dieselbe auch nicht völlig wieder verschwinden, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird.

lediglich durch die mit grofser Schnelligkeit an den Metallen sich entwickelnde Polarisation verursacht wird.

Diese Polarisation hat, wie meine Versuche zeigen, einen sehr auffallenden Charakter; anstatt dafs eine solche nämlich in den meisten galvanischen Combinationen sich vorzugsweise an dem negativen Metalle einzustellen pflegt, finden wir sie im vorliegenden Falle umgekehrt fast nur am positiven Metalle entwickelt, und das negative kaum ein wenig davon afficirt. Das Eisen thut hierzu nichts; denn dasselbe Verhalten zeigt ein Platindraht, welcher den Strom einer beliebigen Elektricitätsquelle in Aetzkalilösung überführt. Immer wird vorzugsweise nur der zuleitende Draht polarisirt.

Fragen wir nach der Ursache dieser auffallenden Erscheinung, so findet sich zuerst, dafs dieselbe in einer elektrischen Wasserzersetzung nicht liegen könne. Da nämlich am negativen Metalle die Polarisation nur in äufserst geringem Maafse entwickelt worden, so kann daselbst eine Entbindung von Wasserstoff, und demnach in der Kette überhaupt eine elektrische Wasserzersetzung, wenigstens in merklichem Grade, nicht stattgefunden haben [1]). Eine Zersetzung von Aetzkali kann aber bei der geringen Kraft der Kette noch viel weniger angenommen werden. Mithin enthält die concentrirte Aetzkalilösung an sich nichts, woraus die fragliche Wirkung hervorgegangen seyn könnte, und wir sehen uns daher in dieser Beziehung an die etwa in der Lösung vorhandenen fremdartigen Substanzen verwiesen. Nun ist es

1) Wenn man an einem Platindraht (durch Benetzung desselben mit Schwefelkaliumlösung) ein wenig Wasserstoff haften macht, und ihn dann gleichzeitig mit einem reinen in Aetzkalilösung eintaucht, so erhält man am Galvanometer eine Ablenkung, welche die oben besprochene bedeutend übertrifft, ein Ergebnifs, welches die ausgesprochene Folgerung zu bestätigen scheint. Die Annahme aber, dafs eine Wassersetzung wirklich stattgefunden habe, der Wasserstoff aber an der negativen Elektrode irgendwie absorbirt worden sey, ist unter den vorliegenden Umständen wohl nicht zulässig.

gewifs, dafs jede wäfsrige Aetzkalilösung eine Beimischung von einfach-kohlensaurem Kali enthält; diese Substanz aber zeigt nach den Versuchen von Munck af Rosenschöld [1]) in ihrer wäfsrigen Lösung ein Verhalten, welches dem an der Aetzkalilösung wahrgenommenen völlig analog ist. Es schien mir daher erforderlich, die Polarisationswirkungen in einer mit concentrirter kohlensaurer Kalilösung zusammengesetzten Platin-Eisenkette ebenfalls nach der oben auseinandergesetzten Methode zu untersuchen. Ich bin dadurch zu folgenden Resultaten gelangt:

	Ausweichungen.			
A. Bei Schliefsung der Kette	41°	20°	13°½	12°
B. Polarisation des Eisendrahts	15°	13°	11°	10°
C. - - - Platindrahts	2°	2°	2°	2°
D. Residueller Strom der geschlossenen Kette	1°	1°	½°	¼°
Differenz von *A* und *D*	40°	19°	13°	11°¾
Summe von *B* und *C*	17°	15°	13°	12°

Diese Zahlenverhältnisse besitzen, wie man sieht, mit denen, welche sich bei der Anwendung von Aetzkalilösung ergeben haben, die vollkommenste Analogie, nur dafs die zu vergleichenden Elemente der ersten Beobachtungsreihe eine noch gröfsere Abweichung von einander zeigen. Auch erscheint die Polarisation des Platindrahts ein wenig gröfser, die des Eisendrahts dagegen geringer, und alle Ausweichungen sind kleiner als im obigen Falle. Ersteres mufs aus der elektromotorischen Differenz der beiden Flüssigkeiten, letzteres aber aus dem geringeren Leitvermögen der kohlensauren Kalilösung hergeleitet werden.

Das Ergebnifs der so eben angestellten Vergleichung scheint nun die Vermuthung zu rechtfertigen, dafs die ungewöhnlich rasche Abnahme, welche der Strom einer mit Aetzkalilösung zusammengesetzten Platin-Eisenkette

1) Diese Annalen, Bd. XXXXVII S. 418.

sehr bald nach deren Schliefsung erleidet, durch die elektrische Zersetzung des dem Aetzkali stets beigemischten einfach-kohlensauren Kalis veranlafst werde; und man würde demnach glauben können, dafs dabei eine Einwirkung der Kohlensäure auf das Eisen wirksam sey. Die Beobachtung Poggendorff's [1]), dafs an so polarisirtem Eisen sich Sauerstoff entwickelt, wenn der die Kette durchkreisende Strom kräftig genug ist, eine merkliche Wasserzersetzung in der Aetzkalilösung zu bewirken, scheint einer solchen Annahme nicht entgegen zu seyn. Aber sie kann nicht mit dem Verhalten bestehen, welches ein so polarisirter Eisendraht in andern galvanischen Combinationen zeigt. Als ich z. B. durch einen solchen Eisendraht den Strom einer kleinen Säule in eine Kochsalzlösung überführte, erfolgte nicht, wie nach jener Annahme zu erwarten gewesen wäre, eine Entwicklung von Gasbläschen an dem Drahte, sondern es trat eine langsame Oxydation desselben in den vorhandenen feinen Rissen und Vertiefungen (welche muthmafslich die polarisirende Wirkung nicht erlitten hatten) ein, während die glatten Stellen der Oberfläche ihren vollen Glanz behielten und keine Spur von Veränderung zeigten. Es läfst sich daher aus meinen Versuchen nur der Schlufs ziehen, dafs das Eisen in der kohlensauren, eben so wie in der ätzenden Kalilösung polarisirt werde.

Es ist eine von Fechner ermittelte sehr bemerkenswerthe Thatsache, dafs die Aetzkalilösung schon für sich durch blofse Benetznng auf Eisen und Platin eine der in Rede stehenden Polarisation ganz analoge Wirkung ausübt. Diese Wirkung zeigt sich augenfällig darin, dafs die genannten Metalle in der fraglichen Lösung einen um so geringeren elektrischen Strom erzeugen, je länger sie darin vor ihrer Schliefsung zur Kette bereits gestanden haben. Ich erhielt, als ein Eisendraht und

1) Diese Annalen, Bd. LIV S. 372.

ein Platindraht erst nach etwa 20stündigem Verweilen in Aetzkalilösung durch den Multiplicator mit einander verbunden wurden, eine Ausweichung der Nadel von nur 9°; bei Anwendung von kohlensaurer Kalilösung betrug dieselbe unter gleichen Umständen sogar nur 2°½. Fechner hat bewiesen [1]), dafs Eisen und Platin bei länger dauernder Berührung mit Aetzkalilösung von dieser zwar stets negativ elektrisch erregt werden, dafs jedoch diese negative Erregung fortwährend abnimmt. Wenn man zwei Eisendrähte oder zwei Platindrähte ungleichzeitig, in Zwischenzeiten von einigen Minuten oder länger, in die Lösung einsenkt, so zeigt die Ausweichung der Multiplicatornadel stets Ströme an, welche von dem zuerst eingesenkten Drahte zum Multiplicator übergehen. Hierzu mufs ich mir jedoch die beschränkende Bemerkung erlauben, dafs die fragliche Abnahme nicht in den *ersten* Zeitmomenten nach der Einsenkung, sondern dafs in diesen vielmehr, in Uebereinstimmung mit der von mir (Bd. LV S. 258) aufgestellten Regel, eine Zunahme stattfindet. Dieses ergiebt sich ohne Zweideutigkeit, wenn man die ungleichzeitige Einsenkung der gleichartigen Drähte in rascherer Folge in Zwischenzeiten von einer bis höchstens zwei Secunden ausführt; der Strom geht dann immer von dem zuletzt eingesenkten Drahte zum Multiplicator über [2]).

1) Diese Annalen, Bd. XXXXVIII S. 267.

2) Unsicherheiten bei solchen Versuchen vermeidet man am besten durch Wiederholung derselben mit Verwechslung der Drähte. Um eine ungleichzeitige Einsenkung in beliebig rascher Folge auszuführen, darf man die zu prüfenden beiden Drähte nur in ungleicher Höhe neben einander befestigen. Ich benutze zu dieser Gattung von Versuchen seit einiger Zeit einen sehr bequemen Apparat, welcher aus einer senkrecht auf einer Bodenplatte von matt geschliffenem Spiegelglase befestigten vierkantigen Messingstange besteht, an welcher zwei federnde Hülsen sich leicht auf- und niederbewegen lassen, von denen die untere nur als Hemmung für die obere gebraucht wird, diese letztere aber mit einem Ansatze zur Aufnahme eines passenden Kork-

Um über die in Rede stehende allmälige Abnahme der elektromotorischen Wirkung bei längerer Berührung von Eisen und Platin mit Aetzkalilösung weitere Aufschlüsse zu erhalten, liefs ich Drähte von diesen Metallen acht Tage lang in Aetzkalilösung stehen, und verband sie dann mit frisch eingesetzten gleichartigen Drähten durch den Multiplicator. Mit Platindrähten erfolgte nun eine Ausweichung der Nadel von 37°, mit Eisendrähten eine solche von 70°, beide in der bereits bezeichneten Richtung. Hieraus ergiebt sich: 1) dafs die selbstständige Wirkung der Aetzkalilösung auf Platin und Eisen bei längerer Dauer der Berührung ganz ansehnlich werden kann, und 2) dafs dieselbe beim Eisen weit gröfser als beim Platin ist, woraus sich die Erscheinung erklärt, dafs eine Platin-Eisenkette in Aetzkalilösung auch im ungeschlossenen Zustande allmälig so verändert wird, dafs sie bei ihrer ersten Schliefsung nach Verlauf einer längeren Zeit nur einen höchst unbedeutenden Strom zu erzeugen vermag. Meine Versuche haben auch ergeben, dafs das Platin, obgleich es die schwächere Wirkung von der Lösung erleidet, dennoch selbst bei dauernder Schliefsung der Kette allmälig, nur langsamer, eben dieselbe Einwirkung erfährt; als ich nämlich den Platindraht einer mehre Wochen lang geschlossen gewesenen Kette auf die vorhin angegebene Weise untersuchte, erhielt ich eine jener Wirkung entsprechende Ausweichung der Multiplicatornadel von 23°. Obgleich dieses paradox erscheinen könnte, so wird man es doch aus dem Umstande leicht begreiflich finden, dafs die durch den schwachen Strom der Kette am Platin erzeugte, der fraglichen Action entgegenwirkende höchst unbedeutende Polarisation diese Action nicht zu verhindern, sondern nur zu schwächen vermochte.

stücks versehen ist, welches zwei kleine Quecksilbernäpfchen trägt, in welche die oberen Enden der Drähte durch feine, in dem Korkstücke befindliche Oeffnungen von unten eingeschoben werden.

Um über das Wesen und den Ursprung dieser sonderbaren Wirkung zu einiger Aufklärung zu gelangen, schien es mir zuers' erforderlich zu ermitteln, ob durch dieselbe an den genannten beiden Metallen eine wahrhafte chemische Oberflächenänderung erzeugt werde, oder ob die materielle Aenderung etwa in der Flüssigkeit vorgehe, und an den Metallen dagegen nur eine hieraus entspringende Aenderung der rein elektrischen Action stattfinde. Da man glauben muſs, daſs eine selbst geringe chemische Oberflächenänderung der Metalle eine merkliche Vergröſserung ihres Leitungswiderstandes zur Folge haben müsse, so habe ich versucht, über das Stattfinden derselben unter den in Rede stehenden Umständen, wie es schon aus den oben besprochenen Versuchsreihen (wenigstens für eines der beiden Metalle) sich deutlich erkennen läſst, noch mehr Gewiſsheit zu bekommen. Zu diesem Zwecke wurde der Strom einer kleinen constanten Kette [1]) nach einander durch zwei Platindrähte und zwei Eisendrähte, welche mehre Wochen in Aetzkalilösung gestanden hatten, hindurchgeführt; die Ausweichung der Multiplicatornadel betrug:

bei den Platindrähten 74° (Einstellung bei 13°),
- - Eisendrähten 46° (- - - 1°).

Derselbe Strom wurde unmittelbar darauf durch frisch gereinigte Drähtepaare hindurchgeleitet; die Ausweichung der Nadel betrug nun:

bei den Platindrähten 64° (Einstellung bei 8°),
- - Eisendrähten erfolgte ein heftiges Anschlagen der Nadel an die Hemmung (Einstellung bei 20°).

1) Sie war aus einem in Kupfervitriollösung stehenden Kupferdrahte und einem in Brunnenwasser eingesenkten Eisendrahte gebildet, und ihr Strom war so constant, daſs die durch denselben bewirkte Ablenkung der Multiplicatornadel während mehrer Tage nur zwischen 67° und 68° schwankte, und erst dann zu sinken anfing, als die den Kupferdraht umgebende Flüssigkeit völlig entfärbt war.

Wiederholungen dieses vergleichenden Versuchs gaben im Wesentlichen völlig übereinstimmende Resultate. Bei allen zusammengehörigen Drähtepaaren hatte ich mich zuvor von deren Homogenität überzeugt.

Diese Versuchsergebnisse zeigen eine auffallende Verschiedenheit in dem Verhalten der Platin- und der Eisendrähte. Während bei den letzteren eine entschiedene und (relativ gesprochen) nicht unbedeutende Vergröfserung des Leitungswiderstandes durch die allmälige Einwirkung der Lösung auf dieselben erzeugt worden war, hatte bei den Platindrähten gerade das Entgegengesetzte stattgefunden, und man kann daher beim Platin das Eintreten einer chemischen Oberflächenänderung bei dessen Berührung mit Aetzkalilösung auf keinen Fall annehmen. Beim Eisen ist dagegen eine solche, wie gering sie übrigens auch seyn möge, allerdings sehr wahrscheinlich, und es fragt sich daher, von welcher Beschaffenheit dieselbe seyn möge.

Bei der Analogie, welche hinsichtlich der galvanischen Polarisirung des Eisens mit der Aetzkalilösung die Lösung des einfach-kohlensauren Kali gezeigt hatte, habe ich auch die selbstständige Wirkung der letzteren auf Eisen zu wiederholten Malen zu untersucheu mich veranlafst gesehen, und dabei jene Analogie durchaus wieder gefunden. Eisendrähte, welche längere Zeit in der fraglichen Lösung gestanden hatten, zeigten nicht nur einen vergröfserten Leitungswiderstand, sondern lieferten auch mit frisch eingesenkten Drähten stets Ströme, deren Richtung von den ersteren zum Multiplicator ging. Dieselben waren allerdings von geringerer Stärke, was jedoch bei dem geringeren Leitvermögen der kohlensauren Kalilösung und der geringen elektromotorischen Differenz derselben gegen Eisen nicht anders seyn kann; auch erschienen ungleich kräftigere Ströme, wenn zu dem Ablenkungsversuche Aetzkalilösung als Leitflüssigkeit angewandt wurde. Hieraus mufs man schliefsen, dafs das

Eisen (und diesem analog scheinen sich, nach Poggendorff's Versuchen, auch andere oxydable Metalle zu verhalten) in der Aetzkalilösung, wie in der Lösung des einfach-kohlensauren Kali, sowohl bei einer bloſsen Berührung mit denselben, als auch (und zwar noch mehr) bei dessen gleichzeitiger Function als positives Metall einer galvanischen Kette, eine materielle Veränderung seiner Oberfläche erleidet, welche dann eines Theils den beobachteten Leitungswiderstand erzeugt, und andern Theils auch die elektromotorische Action zwischen dem Eisen und der Flüssigkeit aufhebt, und dem zufolge den bei der gleichzeitigen Einsenkung eines auf solche Weise veränderten Eisendrahts mit einem frisch gereinigten in die genannten Lösungen entstehenden galvanischen Strom als wesentlich aus der einerseits zwischen dem reinen Drahte und der Flüssigkeit, und der andererseits zwischen dem andern Drahte und seinem Ueberzuge stattfindenden elektromotorischen Action entspringend erscheinen läſst. Von welcher Natur aber diese materielle Oberflächenänderung seyn möge, darüber haben meine Versuche mir keinen Aufschluſs gegeben.

Was nun das Platin betrifft, so lieſse sich etwa vermuthen, daſs dasselbe eine langsame Verdichtung der Aetzkalilösung an seiner Oberfläche durch seine Anziehung gegen die Atome derselben bewirke, und daſs hieraus eine Verminderung des Uebergangswiderstandes entspringe. Aber ich muſs bemerken, daſs das Platin in der kohlensauren Kalilösung eine Verminderung des Leitungswiderstandes nicht zeigte, sondern vielmehr umgekehrt eine Vergröſserung desselben, wie das Eisen, nur in sehr viel geringerem Maaſse. Für diese Lösung wäre daher jene Vermuthung keinenfalls zulässig; auch würde sie keine Aufklärung über die allmälige Abnahme oder Aenderung der elektromotorischen Action zwischen dem Platin und den alkalischen Lösungen gewähren. Um diese zu erklären, wird man vielmehr eine specifische Einwirkung

des Platins auf solche Flüssigkeiten annehmen müssen, welche, ohne eine chemische Trennung der Bestandtheile derselben veranlassen zu können, und eine bestimmte Anordnung der Flüssigkeitsatome an der Oberfläche des Platins herbeiführen dürfte. So wahrscheinlich indessen auch solche Wirkungen zwischen festen und flüssigen Körpern, zwischen welchen keine eigentlich chemische Action stattfindet, sind, so scheint es mir für jetzt doch weder rathsam noch möglich, in diesen dunkeln Gegenstand auf inductivem Wege tiefer einzudringen, bevor neue Erfahrungen dabei zu Hülfe kommen.

Faraday hat den wesentlichen Unterschied hervorgehoben, welcher sich in dem Verhalten der Platin-Eisenkette zeigt, wenn dieselbe mit einer stärker verdünnten Aetzkalilösung combinirt wird. Dieser Unterschied erklärt sich einfach aus dem Umstande, dafs das Eisen in diesem Falle den ungewöhnlichen Polarisationszustand nicht annimmt, sondern vielmehr die gewöhnliche chemische Einwirkung erleidet, so dafs alsdann die Kette nothwendig die gewöhnlicheren galvanischen Erscheinungen zeigen mufs.

Die im Vorigen dargelegten Erfahrungen geben ein leichtes Mittel an die Hand, eine galvanische Combination zu bilden, in welcher, ungeachtet einer stetig darin fortdauernden chemischen Action, der galvanische Strom doch fast zum Erlöschen kommt. Man fülle z. B. zwei durch eine poröse Scheidewand getrennte Zellen beziehungsweise mit einer concentrirten einfach-kohlensauren Natron- und einer schwefelsauren Eisenoxydlösung, und stelle in jede Zelle einen Platindraht. Verbindet man diese dann durch einen Multiplicator, so erfolgt zwar Ausweichung der Nadel (durch einen von der Eisenlösung in den von ihr benetzten Platindraht übergehenden Strom), aber sie kommt sehr bald fast auf 0° zurück. Durch Oeffnung der Kette, noch mehr aber durch ein tieferes Einsenken oder eine Reinigung des von der Na-

tronlösung benetzten Drahtes erhält man aufs Neue, aber immer nur auf kurze Zeit, die ursprüngliche Ausweichug der Nadel wieder. Gleichwohl dauert die chemische Action zwischen den beiden Flüssigkeiten unbezweifelt stetig fort. Stellt man in die Natronlösung statt des Platindrahts einen Eisendraht, so ist die anfängliche Wirkung noch gröfser, aber auch dann kommt der Strom nach kurzer Zeit fast zum Erlöschen, kann aber ebenfalls durch tieferes Einsenken oder Reinigen des Eisendrahts beliebig oft wieder hervorgerufen werden. Die Einflufslosigkeit der unter allen diesen Umständen fortdauernden chemischen Action zwischen den beiden Flüssigkeiten auf die Elektricitätsentwicklung in der Kette liegt klar vor Augen.

(Schlufs nächstens.)

V. *Thermo-elektrischer Gegenstrom.*

Aus der von Peltier entdeckten Thatsache geht bekanntlich hervor, dafs ein hydro-elektrischer Strom, der einen aus zwei Metallen zusammengesetzten Bogen durchläuft, in diesem Bogen immer einen thermo-elektrischen Strom von entgegengesetzter Richtung hervorruft (Ann. Bd. XXXXIII S. 328). Eine leichte Art, diese von Moser, Lenz u. A. bestätigte Thatsache darzuthun, ist folgende. Man verbinde den einen Pol einer guten Thermosäule dauernd zugleich mit einer Volta'schen Kette und einem Galvanometer. Setzt man nun den andern Pol vorübergehend, *auch nur auf einem Moment*, mit der Volta'schen Kette in Berührung, und darauf im nächsten mit dem Galvanometer, so weicht die Nadel dieses vermöge der Ladung der Thermosäule lebhaft ab, in gleichem Sinne, wie sie durch jene Kette abgelenkt werden würde, und zwar, was für eine Lage die Thermosäule auch haben mag. Statt des hydro-elektrischen Stroms kann auch ein magneto-elektrischer oder thermoelektrischer genommen werden. (*P.*)

VI. *Beiträge zur Lehre von der Diffusion tropfbarflüssiger Körper durch poröse Scheidewände; von Ernst Brücke.*

Seit dem Herbst 1841 habe ich mich mit den Gesetzen der Diffusion tropfbarflüssiger Körper durch poröse Scheidewände und deren Anwendung auf Ernährung und Absonderung beschäftigt, und die Ergebnisse meiner Arbeiten sind in meiner Inauguraldissertation (*De diffusione humorum per septa mortua et viva.* Berlin bei E. H. Schröder) niedergelegt. Da ich aber nicht zu hoffen wage, dafs sich dieselbe unter den Physikern sonderlich verbreiten werde, so ergreife ich die mir durch die Güte des Hrn. Professor Poggendorff gebotene Gelegenheit, in diesen Annalen diejenigen Punkte meiner Arbeit auseinanderzusetzen, welche die Diffusion im engeren Sinne, so weit sie das Gebiet der anorganischen Physik nicht überschreitet, betreffen.

Aus den hauptsächlichsten der über diesen Gegenstand veröffentlichten Versuche läfst sich folgendes Resumé ziehen.

1) Zwei verschiedene Flüssigkeiten, die mit einander mischbar sind, gleichen, durch eine für beide oder für eine von ihnen durchdringliche Scheidewand getrennt, ihre chemischen Differenzen nach und nach aus,

2) Hierbei vermehrt gewöhnlich die auf der einen Seite der Scheidewand befindliche Flüssigkeit ihr Volumen auf Kosten der anderen, indem in gleichen Zeiträumen von beiden Seiten ungleiche Volumina durch die Scheidewand gehen.

3) Besteht die Scheidewand aus einer thierischen Membran, z. B. einem Stück Harnblase, und befindet sich auf der einen Seite derselben Wasser, auf der an-

dern Alkohol, so geht der stärkere Strom immer vom Wasser aus, besteht dagegen bei denselben Flüssigkeiten die Scheidewand aus einer Caoutchouclamelle, so geht der stärkere Strom vom Alkohol aus.

4) Ist auf der einen Seite der Scheidewand eine wäfsrige Lösung irgend eines Alkalis oder Salzes, oder von Zucker, arabischem Gummi oder Eiweifs, auf der andern eine verdünntere wäfsrige Lösung desselben Körpers oder reines Wasser, so nimmt immer die concentrirtere Lösung an Volumen zu, an specifischem Gewicht ab, die verdünntere oder das Wasser an specifischem Gewicht zu, an Volumen ab, woraus auch die Scheidewand bestehen möge.

5) Wenn man zwei wäfsrige Lösungen von verschiedenen jener genannten Körper, aber von gleichem specifischen Gewichte durch eine poröse Scheidewand trennt, so nimmt bisweilen während der Diffusion die eine derselben eine Zeit lang an specifischem Gewichte zu, die andere ab.

6) Trennt man die wäfsrige Lösung einer Säure durch Blase oder eine poröse Thonwand von Wasser, so findet, wenn jene Lösung einen gewissen Concentrationsgrad, der nach Dutrochet's Angabe (seine Versuche gehen von +25° C. bis 0) bei Erniedrigung der Temperatur regelmäfsig heraufgerückt wird, nicht überschreitet, eine Volumzunahme auf Seiten des Wassers statt; was jedoch niemals beobachtet werden soll, wenn man eine vegetabilische Membran als Scheidewand anwendet.

7) Erhöhung der Temperatur beschleunigt im Allgemeinen die Diffusion und die damit verbundenen Erscheinungen; die Versuche hierüber gehen jedoch nicht über +25° hinaus.

Einige andere Thesen, welche von verschiedenen Seiten über die Diffusion tropfbarflüssiger Körper veröffentlicht sind, haben sich im Verlaufe theils fremder, theils meiner eigenen Untersuchungen als unrichtig erwiesen.

Dafs zwei Flüssigkeiten, die sich freiwillig mischen, wenn sie durch die Poren einer permeabeln Scheidewand communiciren ihre chemischen Differenzen nach und nach ausgleichen, hat durchaus nichts Auffallendes, und bedarf keiner weiteren Erörterung. Es ist also demnächst zu untersuchen, wovon die Volumveränderungen auf beiden Seiten der Scheidewand abhängig sind. Ich habe hierüber keine fremde Theorie auseinanderzusetzen oder zu widerlegen, da ich, wie aus dem litterarhistorischen Theile meiner Schrift hervorgeht, keine vorgefunden habe, und gehe deshalb gleich zu eigenen Versuchen über.

Nach meinen Angaben fertigten mir Pistor und Martin einen Apparat, der aus folgenden Theilen bestand: Auf einer quadratischen eichenen Tafel *a* (siehe Taf. I Fig. 6) von 15 Centm. Seite und 4 Centm. Dicke stand ein cylindrisches Glasgefäfs *b* mit dickem Boden, das 32 Millim. Höhe und 28 Millim. Radius hatte, und in welchem eine runde, plangeschliffene und polirte Glasscheibe *c* von 6 Millim. Dicke und 19 Millim. Radius lag. Auf dieser Scheibe stand ein solider Glascylinder *d*, von 19 Millim. Höhe und 13 Millim. Radius, dessen Höhe auf Millimeter getheilt war. An der Grundfläche hatte dieser Cylinder eine Höhlung von der Form einer zu einer Kugel von 5 Centim. Radius gehörigen Calotte, die ringsherum einen ringförmigen Rand von etwa 1,7 Millim. Breite übrig liefs, der plangeschliffen, und mit dem der Cylinder auf der Glasscheibe ruhte. In der Axe war derselbe von einem Glasrohre *e* von 65 Millim. Länge und 7 Millim. Dicke durchbohrt, das in denselben wie ein gläserner Stöpsel in einen Flaschenhals genau eingeschliffen war, und dessen Lumen, wovon der Radius nur 0,34 Millim. betrug, in die oben beschriebene untere Höhlung mündete. Auf dem Glascylinder lag eine in der Mitte von dem Capillarrohr durchbohrte Lederscheibe, und auf dieser ein messingener Querbalken, der in der

Mitte ebenfalls von dem Capillarrohre und an beiden Enden von in die Tafel eingelassenen messingenen Schrauben durchbohrt war, durch deren Muttern *gg* er auf die Lederscheibe und den Glascylinder, und dieser auf die polirte Glasscheibe herabgedrückt werden konnte, so daſs der capillare Raum, durch den der Raum zwischen der Höhlung des Cylinders und der Glasplatte mit dem Innern des Gefäſses communicirte, sehr klein gemacht wurde. In dem einen der vier Winkel der Tafel war ein messingenes Rohr *h* in sie eingelassen, in dem ein messingener Cylinder auf- und abgeschoben werden konnte, der in Millimeter getheilt war, und ein kleines Mikroskop *i* mit Fadenkreuz trug, das als Diopter benutzt wurde, um den jedesmaligen Stand einer Flüssigkeit in der Capillarröhre genau zu bestimmen. Von diesem Apparate nahm ich Alles bis auf die Tafel mit dem Glasgefäſs und der Scheibe darin fort, und füllte dasselbe mit Baumöl; dann setzte ich den Cylinder, und darauf die Capillarröhre hinein, so daſs sich dieselbe bis oben mit Oel füllte, und sich nirgend eine Luftblase, weder in der Höhlung des Cylinders, noch in der Röhre zeigte. Hierauf schob ich den Cylinder auf der Scheibe um so viel seitwärts, daſs seine Grundfläche dieselbe um mehr als die Breite des Ringes überragte, und sich so eine freie Communication zwischen dem Oel in der Röhre und dem im Gefäſs befindlichen bildete. Nachdem ich auf diese Weise die Capillarhöhe des Baumöls in meiner Röhre beobachtet und notirt hatte, sog ich das Oel in derselben wieder in die Höhe, schob den Cylinder in die Mitte der Scheibe zurück, und lieſs das Oel langsam bis auf 1 Centm. über seine Capillarhöhe fallen; dann legte ich die Lederscheibe und den Querbalken auf, und schraubte den Cylinder fest gegen die Glasscheibe an. Hierdurch war die Communication in der That so reducirt worden, daſs das Oel in der Röhre von den 10 Millim., die es noch bis auf seinen Capillarstand zu fallen hatte, in den näch-

nächsten vier und zwanzig Stunden nur etwa 0,3 Millim. fiel. Nun gofs ich das Baumöl, ohne den Apparat auseinanderzunehmen, aus dem Gefäfse aus, und füllte es bis zu derselben Höhe, die jenes darin eingenommen hatte, mit Terpenthinöl. Obgleich dieses leichter ist als Baumöl, und somit die Gewichtsdifferenz der drückenden Flüssigkeitssäulen noch um etwas vermehrt wurde, so fand ich doch, dafs nach 24 Stunden das Baumöl in der Röhre nicht gefallen, sondern etwa um 0,6 Millim. gestiegen war. Da ein neben dem Apparat aufgestelltes Thermometer bei der letzten Beobachtung genau dieselbe Temperatur zeigte wie bei der vorigen, und die Temperatur des Apparates selbst durch das Verdunsten des Terpenthinöls noch etwas erniedrigt seyn mufste, konnte das Baumöl aus keiner andern Ursache gestiegen seyn, als weil es ein kleineres Volum an das Terpenthinöl abgegeben, als von diesem aufgenommen hatte. Es fragt sich nun, wie diefs zu erklären sey. Setzt man auf eine reine Glasplatte einen kleinen Baumöltropfen, so nimmt dieser die Form eines kleinen Segments einer grofsen Kugel an, setzt man daneben einen Tropfen Terpenthinöl, so dehnt sich dieser, wenn das Glas ganz rein ist, sogleich in Form eines Kugelsegments von unendlich grofsem Radius, das heifst, in Form einer sehr dünnen kreisrunden Schicht, aus, indem die Anziehung von Glas zu Terpenthinöl relativ zu der von Terpenthinöl zu sich selbst so grofs ist, dafs der Berührungswinkel zwischen diesen beiden Substanzen sich der Gröfse von 180° nähert. Wo aber das Terpenthinöl bei seiner Ausbreitung auf dem Glase das Baumöl trifft, vertreibt es dieses vermöge seiner gröfseren Adhäsion von demselben. Wenden wir diese Beobachtung auf unser Experiment an, so mischte sich, da das Terpenthinöl in das Gefäfs gegossen wurde, dieses innerhalb des capillaren Communicationsraumes nicht nur mit dem Baumöl, sondern vertrieb dasselbe auch von den Wänden, um sie selbst zu überziehen, so

dafs die den capillaren Raum ausfüllende Flüssigkeit in drei Schichten getheilt werden konnte, wovon die mittlere aus Terpenthin- und Baumöl, die beiden Wandschichten aus Terpenthinöl bestanden. Während der Mittelschicht von Seiten des Terpenthinöls fortwährend Baumöl, von Seiten des Baumöls fortwährend Terpenthinöl entzogen ward, wanderte, da das Terpenthinöl der Wandschichten von dem Baumöl stärker angezogen wurde als von dem Terpenthinöl im Gefäfs, von demselben fortwährend etwas in das Baumöl hinüber. Hieraus resultiren zwei Diffusionsströme, von denen der eine kleinere aus dem der Mittelschicht entzogenen Baumöle, der andere gröfsere aus dem der Mittelschicht entzogenen Terpenthinöle, plus dem was an den Wänden hinwanderte, besteht. Stellen wir uns nun, um die Sache einfacher zu machen, vor, dafs wir einen Apparat angewendet hätten, in dem der Communicationsraum eine cylindrische Capillarröhre war, so existirt nur eine Wandschicht und eine Mittelschicht, und das Volumen, das in einer gewissen Zeit a durch die Wandschicht hinübergeführt wird, ist, wenn wir die Dicke derselben n, die mittlere Geschwindigkeit der Molekeln in ihr c und den Radius des Capillarrohrs r nennen, gleich $ac\pi(2rn-n^2)$. Wenn wir ferner, da Baumöl und Terpenthinöl in jedem Verhältnisse mischbar sind, und Baumöl zu Terpenthinöl gerade so viel Anziehung hat, wie Terpenthinöl zu Baumöl, annehmen, dafs der Mittelschicht in gleichen Zeiten von Seiten des Baumöls eben so viel Terpenthinöl als von Seiten des Terpenthinöls Baumöl entzogen wird, so ist, wenn wir die mittlere Geschwindigkeit der Molekeln in der Mittelschicht c' nennen, das Volumen, das durch die Mittelschicht in der Zeit a nach jeder von beiden Seiten hinübergeführt wird, gleich $\frac{1}{2}ac'\pi(r-n)^2$, so dafs, wenn wir die Volumina, welche durch den gröfseren und kleineren Diffusionsstrom in der Zeit a transportirt werden, mit A und B bezeichnen, wir die Gleichungen haben:

$$A = ac\pi(2rn - n^2) + \tfrac{1}{2}ac'\pi(r-n)^2$$
$$B = \tfrac{1}{2}ac'\pi(r-n)^2.$$

In diesen Gleichungen kann n jede positive Zahl zwischen O und r seyn; ist $n = O$, so werden die Gleichungen verwandelt in:

$$A = \tfrac{1}{2}ac'\pi r^2$$
$$B = \tfrac{1}{2}ac'\pi r^2.$$

Das heifst beide Ströme sind gleich, wenn beide Flüssigkeiten gleiche Anziehung zu den Wänden haben, und somit keine eigene Wandschicht existirt. Wenn aber $n = r$ ist, so werden die Gleichungen verwandelt in:

$$A = ac\pi r^2$$
$$B = O.$$

Das heifst, wenn die Capillarröhre relativ zu der Dicke der Wandschicht sehr eng ist, so existirt nur ein Strom, der aus der Flüssigkeit, welche von den Wänden stärker angezogen wird, in die andere hinüberfliefst. Dieser Fall ist, so viel ich weifs, noch niemals mit Sicherheit beobachtet worden, was wohl daher rührt, dafs in Kanälen, die so eng sind, dafs in ihnen in der That nicht drei Molekeln in einer Reihe neben einander gedacht werden können (denn sobald dieses nur möglich ist, ist auch in ihnen die Möglichkeit einer Wandschicht und Mittelschicht gegeben), die Verzögerung, welche die Molekeln von Seiten der Wände erfahren, so überwiegt, dafs c, und somit der ganze Ausdruck für A aufserordentlich klein wird. Indessen werden einzelne Fälle beobachtet, in denen B relativ zu A in der That sehr klein ist.

r darf eine gewisse, und zwar je nach der Natur der Wände und der Flüssigkeiten verschiedene, Gröfse nicht überschreiten, weil sonst jede der Beobachtung zugängliche Differenz, der auf die beiden Enden der Communication drückenden Flüssigkeitssäule, wenn sie dem stärkeren Strome entgegenwirkt, hinreicht, um die Wirkung desselben aufzuheben. Deshalb wird nicht durch

jede poröse Scheidewand, zum Beispiel nicht durch eine Platte von grobem Sandstein, Diffusion mit Veränderung der Volume beobachtet, sondern nur durch solche, die sehr enge Poren haben.

Es fragt sich nun, wie sich unsere aus *einem* Experimente abgeleitete Theorie zu anderen Versuchen verhalte. Leider ist es mir nicht gelungen, mit meinem Apparate einen dem beschriebenen ähnlichen Versuch, in dem ich statt des Baumöls Wasser, statt des Terpenthinöls Alkohol anwendete, mit sicherem Erfolg anzustellen. Das Wasser verdunstete nämlich in der Capillarröhre meines Apparates, so schnell, daſs dadurch jedes Resultat vernichtet wurde. Hiezu kommt noch die Unannehmlichkeit, daſs Wasser in keiner, auch noch so reinen und zu Anfang noch so wohl benetzten Capillarröhre seinen Stand längere Zeit hindurch unverändert beibehält, sondern nach einiger Zeit, je nach dem Radius der Röhre und der Beschaffenheit der Oberfläche ihrer Wände, um mehr oder weniger fällt, wie dieses Frankenheim schon früher beobachtet und richtig erklärt hat. Benetzt man die Röhre gar nicht, sondern läſst das Wasser darin ansteigen so hoch es will, so erhält man von vorn herein niemals ein einigermaſsen zuverlässiges Resultat, da der Berührungswinkel zwischen Wasser und Glas, je nach der Beschaffenheit der Oberfläche, so sehr verschieden ist, und selbst bei der gröſsten Reinheit derselben noch erheblich kleiner als 180° zu seyn scheint. Ich versuchte die Röhre meines Apparates oben zu schlieſsen, erhielt aber auch jetzt kein sicheres Resultat, da sich die Wirkungen der Diffusion auf den Stand der Flüssigkeit in der Röhre nicht von denen der über derselben fortwährend thermometrisirenden Luftsäule unterscheiden lieſsen. Ich bedauere das stete Miſslingen dieses Versuches um so mehr, da ich ihm, wenn er gelungen wäre, eine viel höhere Dignität beigemessen haben würde, als dem von mir mit Hülfe

zweier Oele angestellten; indem es sich nicht beweisen läfst, dafs sich dieselben bei ihrer Vermischung wie zwei ungemischte Körper und nicht wie zwei Solutionen verhalten, was, wie wir später sehen werden, ein wichtiger Unterschied ist. Ich mufs mich deshalb zu anderen mit porösen Körpern angestellten Versuchen wenden. Bei den bisher angewandten anorganischen Septis, wie porösen Thonwänden, Marmorplatten etc., fällt es sogleich auf, dafs sie für unsere Untersuchungen ohne Weiteres einem Systeme von Capillarröhren verglichen werden können, weniger unzweifelhaft scheint dieses auf den ersten Anblick bei den thierischen Häuten zu seyn. Dieselben bestehen aus sehr zarten permeabeln Membranen, welche mikroskopische Räume in Form von Röhren und Säckchen einschliefsen, die mit löslichen oder im Wasser aufquellenden Substanzen angefüllt sind, und aus Fasern, von denen es zum Theil noch unbekannt ist, ob sie einfache, solide Gebilde oder ebenfalls Röhren mit einem Inhalte sind. Denken wir uns nun aus einer solchen sogenannten Haut, z. B. einem Stück Harnblase, alle löslichen Substanzen fort, so stellt sie für unseren Zweck, da die im Wasser aufquellenden Substanzen als Aggregate von Molekeln zu betrachten sind, deren Interstitien durch die eindringende Flüssigkeit nach bekannten Gesetzen dilatirt werden, nichts als ein System von capillaren Räumen dar, die abwechselnd weiter und enger werden. Dafs nun die von permeablen Wänden umschlossenen Höhlen eines solchen Systems lösliche Substanzen enthalten, macht in sofern einen Unterschied, als dieselben sich zuerst in der eindringenden Flüssigheit lösen, und sich ihre Lösungen dann mit der Flüssigkeit aufserhalb der Scheidewand diffundiren. Die Quantität der auf diese Weise in die angewendeten Flüssigkeiten nun inducirten Substanzen ist aber relativ zu der Menge, in der man jene Flüssigkeiten anzuwenden pflegt, so klein, dafs in den bisher angestellten Versuchen, wie es scheint,

nie besondere, von ihnen herrührende Wirkungen beobachtet sind. So lange aber die löslichen Substanzen, gleich viel ob gelöst oder ungelöst, sich noch innerhalb der Höhlen befinden, kann ihre Wirkung auf die Flüssigkeiten nur in sofern von der der festen Wände verschieden seyn, als die eine oder die andere von ihnen gröſsere oder geringere Anziehung zu der einen oder der andern Flüssigkeit hat, indem der essentielle Unterschied der Vorgänge bei der Absorption von Flüssigkeiten durch poröse Körper und bei ihrer Diffusion, nur darin besteht, daſs bei ersterer dieselben nur von fixen oder doch nur innerhalb sehr enger Gränzen beweglichen Punkten aus angezogen werden, bei der letzteren hingegen auſserdem von anderen Substanzen angehörenden Molekeln, die nach allen Richtungen frei beweglich sind, und die Scheidewand selbst durchwandern können. Wir werden deshalb in dem Folgenden nur die Gesammtanziehung der Scheidewände zu den angewendeten Flüssigkeiten berücksichtigen, da eine Zerlegung derselben in ihre Componenten bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft unmöglich ist. Legt man ein Stück, so viel als möglich von seiner Fettigkeit befreiter und an der Luft getrockneter Schweinsblase in absoluten Alkohol, so erweicht es darin nur unvollkommen und quillt nicht auf, legt man es dagegen in Wasser, so erweicht es sehr bald vollkommen, und quillt zu dem fünf- und sechsfachen seiner früheren Dicke auf. Füllt man ferner eine Schweinsblase mit verdünntem Weingeist, bindet sie fest zu, und hängt sie in der Luft auf, so wird, wie zuerst Sömmering beobachtete, der Weingeist darin concentrirter. Dieſs könnte, da Weingeist schneller verdampft als Wasser, nicht geschehen, wenn die Mischung, wie sie in der Blase enthalten ist, in die Substanz derselben eindränge. Die Blase zieht aber aus der in ihr enthaltenen Mischung nur Wasser mit sehr wenig Alkohol an, und so verdampft auf ihrer Oberfläche mehr von jenem als von

diesem. Trennt man nun Wasser und Alkohol durch eine Scheidewand von Schweinsblase, so geht der gröfsere Diffusionsstrom, wie bekannt, vom Wasser zum Alkohol, der kleinere vom Alkohol zum Wasser. Ist die Ursache hiervon in der That die, dafs das Wasser von der Blase stärker angezogen wurde, als der Alkohol, so mufs sich das Verhältnifs sogleich umkehren, wenn man statt der Blase eine Scheidewand anwendet, die den Alkohol stärker anzieht als das Wasser. Eine solche Scheidewand ist eine dünne Kautschucklamelle. Sie ist dem Alkohol durchgängig, für Wasser allein aber, ehe sie vom Alkohol durchdrungen ist, undurchgängig, sey es, dafs der Berührungswinkel zwischen dem Wasser und den Wänden der Poren kleiner als 90°. ist, sey es dafs jene von im Wasser unlöslichen, in Alkohol löslichen Substanzen verstopft sind. Hängt man ferner eine dünnwandige, mit verdünntem Weingeist gefüllte und wohl verschlossene Caoutchoucblase an der Luft auf, so nimmt der darin enthaltene Weingeist an Concentration ab. Wendet man nun eine Caoutchouclamelle als Scheidewand bei der Diffusion von Wasser und Alkohol an, so findet man in der That, wie hinlänglich bekannt ist, dafs der stärkere Strom vom Alkohol zum Wasser der schwächere vom Wasser zum Alkohol geht.

Will man die Erklärung dieser Versuche, die leider unter den bisher angestellten die einzigen sind, bei denen man mit einiger Sicherheit über die Anziehung der Scheidewand zu den Flüssigkeiten urtheilen kann, auf andere ausdehnen, so dehne man sie nur auf solche aus, in denen man zwei einfache Flüssigkeiten, wie Wasser und Alkohol durch die Scheidewand getrennt hat, denn befindet sich auf der einen Seite irgend eine Lösung und auf der andern eine verdünntere Lösung desselben Körpers in demselben Menstruum, oder das Menstruum allein, so treten bei weitem andere Verhältnisse ein.

Betrachtet man die bisher von den Volumverände-

rungen bei der Diffusion gegebenen Erklärungen, so basiren sie alle, wenn man die längst widerlegte elektrische annimmt, auf der verschiedenen Attraction der Flüssigkeiten zu sich selbst und zu den Scheidewänden, und impliciren somit die Vorstellung, dafs immer die Flüssigkeit, welche sich auf einer Seite der Scheidewand befindet, in die andere, und diese in die erstere hinüberströme. So sagt man: Wenn sich auf der einen Seite Zuckerlösung, auf der andern Wasser befindet, so strömt die Zuckerlösung in das Wasser, das Wasser in die Zukkerlösung; ist auf der einen Seite eine verdünnte Zukkerlösung, auf der andern eine concentrirte, so strömt die concentrirtere in die verdünntere, die verdünntere in die concentrirtere, obgleich sich schwer einsehen läfst, woher die anziehenden Kräfte kommen sollen, die derartige Strömungen hervorrufen. Wenn man nun zu Anfang auf der einen Seite Zuckerlösung, auf der andern Wasser hat, und diese beiden Flüssigkeiten ineinanderströmen, so befinden sich, sobald etwas von der Zukkerlösung in das Wasser übergegangen ist, auf beiden Seiten Zuckerlösungen, von denen die eine concentrirter, die andere verdünnter ist. Nun soll also die concentrirtere in die verdünntere, die verdünntere in die concentrirtere überströmen, es soll also von dem Zukker, der schon einmal durch die Membran hindurchgegangen ist, immer ein Theil seinen Weg wieder zurückgehen, und dasselbe soll bei dem Wasser stattfinden. Diefs ist offenbar eine Vorstellung, die von einer gewissen Abentheuerlichkeit nicht frei zu sprechen ist. Jerichau war der erste, der die wichtige Beobachtung machte, dafs wenn sich auf den beiden Seiten der Scheidewand Solutionen von zwei verschiedenen Körpern in ein und demselben Menstruum befinden, die gleiches specifisches Gewicht haben, während der Diffusion die Flüssigkeiten bisweilen ein verschiedenes specifisches Gewicht annehmen, und dasselbe erst gegen das Ende dersel-

ben wieder ausgleichen. Er schlofs aber aus seinen Versuchen, nach dem was mir durch diese Annalen von seinen Arbeiten bekannt geworden ist (seine eigene Schrift habe ich mir leider nicht verschaffen können), nur, dafs die Lösungen nicht unverändert durch die Scheidewand strömen, und zog aus ihnen nicht die Folgerungen, die aus ihnen gezogen werden können. Ich selbst habe aufserdem Versuche anderer Art angestellt, deren Resultate, obgleich ich sie noch nicht mit völliger Bestimmtheit zu erklären wage, sich doch auf keine Weise mit einem wirklichen Ineinanderströmen zweier Solutionen zusammenreimen lassen. Setzt man nämlich einen mit Blase an dem einen Ende verschlossenen Glascylinder mit demselben leer in eine starke Lösung von drittelessigsaurem Bleioxyd, so dafs sich die ganze Substanz der Blase mit derselben imbibirt, und giefst darauf in denselben eine Lösung von doppelt-chromsaurem Kali, die man sich bereitete, indem man die concentrirte kaustische Lösung mit etwa einem Drittheil Wasser verdünnte, so entsteht sehr schnell ein Niederschlag in der Substanz der Blase, aber beide Flüssigkeiten bleiben vollkommen klar, und sättigt man, um sich zu überzeugen, dafs die Scheidewand noch permeabel ist, die Bleilösung mit Zucker, so sieht man das Volumen derselben mehrere Tage hindurch fortwährend zunehmen, das der andern Lösung hingegen abnehmen, ohne dafs in einer von beiden Flüssigkeiten ein Niederschlag entstände. Hier geht also aus der Lösung von chromsaurem Kali reines, oder wahrscheinlicher mit ein wenig essigsaurem Kali gemischtes, Wasser in die Bleilösung über. Nimmt man jedoch denselben Cylinder aus der Bleilösung heraus und setzt ihn in ein Glas mit destillirtem Wasser, so dafs dasselbe mit den wenigen Tropfen Bleilösung, die der Aufsenfläche des Cylinders und der Blase adhärirten, eine sehr verdünnte Bleilösung bildet, so entsteht in derselben sehr bald ein gelber Niederschlag. Füllt

man hinwieder einen mit nasser Blase geschlossenen Cylinder mit einer ziemlich starken Lösung von drittelessigsaurem Bleioxyd, setzt ihn auf ein Stück weifses Filtrirpapier, bis dasselbe an der entsprechenden Stelle feucht wird, hält es dann über ein Gefäfs mit Schwefelwasserstoffammoniak, um sich durch den entstehenden runden braunen Fleck zu überzeugen, dafs die Blase wirklich von Bleilösung durchdrungen ist, und setzt darauf den Cylinder in eine der vorhin angewendeten ähnliche oder noch concentrirtere Lösung von doppelt chromsaurem Kali, so beobachtet man dasselbe wie bei dem vorigen Experimente. Sättigt man darauf die äufsere Lösung mit Zucker, so nimmt sie an Volumen zu, die innere an Volumen ab, ohne dafs sich in einer von beiden chromsaures Bleioxyd bildete. Setzt man dagegen den Cylinder, wie den vorigen, in destillirtes Wasser, so entsteht darin sehr bald der Niederschlag.

Es fragt sich nun, ob überhaupt jemals ein Zusammenströmen zweier Lösungen derselben Körper in demselben Menstruum beobachtet, oder ob es aus den Beobachtungen nur durch unvorsichtige Folgerungen deducirt worden ist. Alle unmittelbare Beobachtung reducirt sich darauf, dafs die concentrirtere Solution an Volumen zu-, an specifischem Gewicht abnimmt, die verdünntere an specifischem Gewicht zu, an Volumen ab. Diefs kann allerdings daher rühren, dafs beide Lösungen durch die Membran strömen, und zwar die verdünntere rascher als die concentrirtere; es kann aber auch daher rühren, dafs die concentrirtere Solution der verdünnteren Wasser entzieht, die verdünntere der concentrirten etwas von dem gelösten Körper. Wenn man sich vorstellt, dafs die Lösungen wirklich ineinanderströmen, so implicirt diefs die Annahme, dafs die bewegenden Kräfte den Lösungen als solchen inhäriren, und nicht den sie constituirenden Molekeln von Menstruum und gelösten Körper, und somit müssen sich auch diese nicht unabhängig von einander

bewegen können. Ich habe aber durch Versuche, welche ich in meiner Schrift ausführlich beschrieben habe, gezeigt, dafs einem Menstruum etwas von dem in ihm gelösten Körper durch ein anderes Menstruum, das denselben gleichfalls aufzulösen fähig, aber mit jenem nicht mischbar ist, entzogen werden kann, und zwar so lange, bis beide im Gleichgewichte ihres Saturationszustandes sind, das heifst, *bis sie gleiche Bruchtheile der Mengen des gelösten Körpers, welche sie bei derselben Temperatur aufzulösen im Stande sind, enthalten.* Man kann deshalb nicht von Anziehung der Lösungen als solcher unter sich, sondern nur von der Anziehung zwischen Menstruum und gelöstem Körper reden, und wenn mithin zwei Lösungen desselben Körpers in demselben Menstruum, durch eine poröse Scheidewand getrennt, ihre Differenzen ausgleichen, so geschieht diefs dadurch, dafs die concentrirtere, oder vielmehr der in einer gewissen Menge Menstruum gelöste Körper, der verdünnteren Menstruum, die verdünntere, oder vielmehr das bis auf einen gewissen Grad gesättigte Menstruum, der concentrirteren etwas von dem gelösten Körper entzieht, und zwar so lange, bis beide im Gleichgewicht sind. Hieraus erklärt sich auch auf sehr einfache Weise, dafs bei der Diffusion der Lösungen fester Körper in ein und demselben Menstruum die Natur der Scheidewand ohne Einflufs auf die Richtung des stärkeren Stromes ist.

Eine sehr merkwürdige Ausnahme von den Gesetzen, welchen die Lösungen bei der Diffusion folgen, machen die Verbindungen der Säuren mit Wasser, wie sich aus den Beobachtungen von Dutrochet ergiebt, die ich gerne weiter verfolgt haben würde, wenn sie mich nicht auf ein Feld von Untersuchungen geführt hätten, die mehr Zeit in Anspruch nehmen, als ich ihnen bei dem Plane dieser Arbeit, die hauptsächlich die Anwendung der Diffusionsgesetze auf den lebenden Körper zum Gegenstand hatte, widmen konnte. Diese Materie verlangt

nämlich aufser einer vollständigen Wiederholung der von Dutrochet über sie veröffentlichten Versuche, welche, wenn man sie mit Genauigkeit anstellen will, zu den schwersten und zeitraubendsten in der Physik gehören, da man bei ihnen niemals auch nur ein Paar Minuten lang mit einigermaafsen gleichen Bedingungen arbeitet, eine Reihe von neuen Experimenten, namentlich ausgedehntere und in ganz anderem Sinne unternommene Untersuchungen über die verschiedenen Verbindungen der Säuren mit Wasser, als die bis jetzt vorliegenden zu chemischen Zwecken angestellten sind.

Die *unechten Lösungen* (siehe meine Schrift, S. 38 bis 42) scheinen sich bei der Diffusion im Ganzen wie die echten zu verhalten, nur dafs bei ihnen die Molekeln der gelösten Körper die Poren der Scheidewände bisweilen sehr langsam durchdringen, so dafs sie von diesen 24 bis 48 Stunden aufgehalten werden können, wie ich dieses beim Eiweifs beobachtete, als ich die Schalenhaut von Hühnereiern als Scheidewand anwendete (siehe S. 55).

Man sieht leicht ein, dafs sich die Versuche über die Diffusion der Lösungen auf sehr lehrreiche Weise vervielfältigen und mit denen über die Diffusion einfacher Flüssigkeiten combiniren lassen, wenn man zwei Lösungen mit verschiedenen gelösten Körpern oder mit verschiedenen Menstruis anwendet. Meine Versuche auf diesem Felde sind jedoch noch nicht vollständig genug, um veröffentlicht zu werden.

Was den Einflufs der Temperatur auf die Erscheinungen der Diffusion betrifft, so lassen sich darüber keine planmäfsigen Untersuchungen denken, ehe wir die Veränderungen, welche die Anziehung der Flüssigkeiten auf sich selbst, unter einander und zu festen Körpern durch Temperaturwechsel erleidet, genauer kennen als es bis jetzt der Fall ist.

Schliefslich mufs ich noch einige Versuche erwäh-

nen, um einen Irrthum zu widerlegen, der sich unbegreiflicherweise so allgemein verbreitet hat, daſs selbst sonst sehr genaue und kritische Forscher ihn sorglos nachdrucken. Es ist nämlich eine allgemeine Behauptung, daſs durch chemische Anätzung der als Scheidewand gebrauchten Membran, entweder sogleich oder doch nach einiger Zeit die Diffusion aufgehoben werde. Ich habe derselben folgende, wie mir scheint, ziemlich entscheidende Versuche entgegenzusetzen.

1) Ich schloſs einen Glascylinder mit Blase, füllte denselben mit einer starken Lösung von salpetersaurem Silberoxyd, setzte ihn in ein Gefäſs mit derselben Flüssigkeit, und lieſs ihn darin 44 Stunden stehen, darauf leerte ich ihn aus, goſs Zuckerlösung hinein und setzte ihn in Wasser, beobachtete aber nichts anderes, als was ich beobachtet haben würde, wenn die Blase nicht mit salpetersaurem Silberoxyd behandelt worden wäre.

2) Ich goſs in einen mit nasser Blase geschlossenen Cylinder, den ich in ein Gefäſs mit Wasser gestellt hatte, concentrirte käufliche Salpetersäure, welche darin einige Tage lang ziemlich schnell stieg, dann wieder zu fallen anfing, aber nach 8 Tagen noch nicht auf das Niveau des Wassers zurückgekommen war; das Wasser hatte dabei eine groſse Menge Salpetersäure aufgenommen. Und die Membran war so von der Säure angegriffen, daſs sie so leicht zerreiſslich, wie nasses Löschpapier, war. Ein ähnlicher Versuch mit Salzsäure hatte dasselbe Resultat.

3) In ein Gefäſs mit Wasser setzte ich einen mit nasser Blase geschlossenen Cylinder, und goſs in denselben concentrirte englische Schwefelsäure bis zum Niveau des Wassers. Das innere Niveau stieg am ersten Tage mit ungewöhnlicher Schnelligkeit, am zweiten stand es still, am dritten fing es an zu fallen, und kam am vierten wieder bis auf das Niveau des Wassers zurück. Hier war also scheinbar eine wirkliche Aufhebung der Diffusion, wenigstens der damit verbundenen Volumver-

änderungen. Da ich aber die äufsere und die innere Flüssigkeit analysirte, fand ich, dafs beide aus 13 Theilen Schwefelsäure und 87 Theilen Wasser bestanden, mithin die Diffusion völlig ihr normales Ende erreicht hatte, und das einzige Ungewöhnliche die grofse Rapidität aller Erscheinungen war. Als ich den benutzten Cylinder, ohne ihn mit neuer Blase zu schliefsen, mit Zuckerlösung füllte und in Wasser setzte, beobachtete ich Diffusion mit Volumveränderung, die nach 8 Tagen noch nicht wieder ausgeglichen war.

VII. *Optische Eigenschaften des Greenockit's; von D. Brewster.*

Der Greenockit Schwefelkadmium [1]) krystallisirt in regelmäfsig sechsseitigen Prismen, mit pyramidaler Zuschärfung deren Flächen unter 36° 20′ gegen die Basis neigen) und gerade abgestumpftem Ende. Der Brechungsindex des ordentlichen Strahls für mittleres Grün ist =2,6882. Er ist also gröfser als der des *Diamants*, und selbst als der des *chromsauren Bleioxyds*. Die Doppelbrechung ist so gering, dafs es sehr schwer hält, die beiden Bilder zu trennen. Der Polarisationswinkel für rothe Strahlen ist 68° 36′, entsprechend für dasselbe Licht einem Brechungsindex =2,5517. Nur bei condensirten Sonnenstrahlen ist in Richtung der Axe ein Ringsystem sichtbar; es ist negativ wie das des Kalkspaths. *Proceed. of the R. Society of Edinburgh. No.* 19.)

1) Annalen, Bd. LI S. 274.

VIII. *Ueber den Einfluſs der verschiedenen Weite der Labialpfeifen auf ihre Tonhöhe. Eine akustische Untersuchung von Dr. Karl Friedr. Sal. Liskovius in Leipzig.*

Bekanntlich ist die Tonhöhe der Labialpfeifen von mancherlei Umständen abhängig, als da sind: die verschiedene Länge und Weite der Röhre, die parallele, divergente oder convergente Richtung ihrer Wände, der gedackte oder ungedackte Zustand ihrer Ausgangsöffnung, ferner die Verschiedenheit des Aufschnitts, des Anblasens, der Temperatur und der Luftart.

In Betreff der Länge gilt das Gesetz: Acht Fuſs — unter übrigens gewöhnlichen Umständen — geben groſs *C*, sechszehn Fuſs Contra-*C*, vier Fuſs klein *c* u. s. w.

In Betreff der Weite aber ist so eine bestimmtere Angabe, so viel ich weiſs, nicht vorhanden. Bald wird ihr sehr viel, bald gar kein Einfluſs auf die Tonhöhe zugeschrieben. Von besonderem Belang ist das in der Physiologie der Stimme. Daher suchte ich mir durch Versuche Auskunft hierüber zu verschaffen.

No. 1. Ich lieſs mir blecherne cylindrische Labialpfeifen machen von einerlei Länge, 6 Zoll, aber von sehr verschiedener Weite, von $\frac{1}{4}$ bis 1 Zoll Querdurchmesser, letztere ungefähr um das Sechszehnfache weiter, als erstere. Die Stimmung war einerlei, bei den weiten, wie bei den engen. Weil aber hier vielleicht irgend eine Verschiedenheit des Aufschnitts, nämlich der vorderen, queren Oeffnung dieser Pfeifen, einige Erhöhung oder Erniedrigung ihrer ganzen Stimmung verursachen könnte, richtete ich die Versuche im Folgenden so ein,

dafs allemal die mit einander zu vergleichenden Weiten einen und denselben Aufschnitt zusammen gemein hatten.

No. 2. Ich benutzte dazu drei hölzerne, vierseitig prismatische Labialpfeifen. Die eine ist in ihrem Kanale 13 Zoll 9 Linien Par. Maafs lang, auf der Labialseite und der ihr gegenüberstehenden Seite 1 Zoll, auf den anderen beiden Seiten 1 Zoll 4½ Lin. Par. breit. Eine andere ist in ihrem Kanale 16 Zoll 5 Linien Par. lang, auf der Labialseite und der ihr gegenüberstehenden Seite 1 Zoll 1½ Linien, auf den anderen beiden 1 Zoll 6 Lin. Par. breit. Die dritte ist in ihrem Kanal 43 Zoll 1½ Linien Par. lang, auf der Labialseite und der ihr gegenüberstehenden Seite 2 Zoll 8½ Linien, auf den anderen beiden 3 Zoll 1½ Lin. Par. breit. Die erste giebt — offen — eingestrichen *g* Kammerton, die zweite eingestrichen *e*, die dritte klein *cis* als Grundton. In die erste that ich einen Stock von etwa 1 Zoll Dicke bis auf den Grund der Pfeife. Ihr Grundton blieb eingestrichen *g*. Ich that noch einen Stock von ziemlich derselben Dicke in dieselbe Pfeife, und ebenfalls bis auf den Grund derselben. Ihr Grundton blieb derselbe, eingestrichen *g*. Mit der zweiten verfuhr ich eben so. Sie gab in allen drei Fällen — leer oder mit einem oder mit zwei Stöcken — eingestrichen *e*. In die dritte that ich zwei fest zusammengerollte und in diesem Zustande etwa 2 Zoll dicke Regenschirme. Den einen liefs ich bis auf den Grund der Pfeife fallen. Den anderen stellte ich über jenen ersteren, so, dafs sie nicht neben, sondern über einander standen. Die Pfeife behielt denselben Grundton, klein *cis*. Dumpfer aber und matter wurde der Klang durch diese Ausfüllungen allerdings. Hier also haben die zu vergleichenden Weiten allemal einen und denselben Aufschnitt mit einander gemein. Und auch hier macht diese bedeutende Verschiedenheit der Weite keinen Unterschied in der Höhe des Grundtons. Das beweist schon mehr als das Vorige. Nur ist hier

hier das Verhältnifs der jedesmaligen Weite zur Länge nicht bestimmt genug. Bestimmter ist es im Folgenden.

No. 3. Ich wählte eine im Verhältnisse zu ihrer Länge sehr weite Pfeife, weil da desto verschiedenere Grade der Weite vermittelst der Ausfüllung bewerkstelligt werden können. Es ist eine hölzerne vierseitig prismatische Labialpfeife. Ihr Kanal ist nur 6 Zoll 4¼ Lin. Par. lang, aber an der Labialseite und der entgegengesetzten Seite 2 Zoll 10 Lin., an den anderen beiden Seiten 3 Zoll Par. breit. Ihr Grundton ist zweigestrichen *c* Kammerton. Ich legte ein Buch von 2 Zoll 10 Lin. Breite und 8 Lin. Dicke hinein bis auf den Grund, und schmiegte es an ihre hintere Wand an. Immer noch zweigestrichen *c*. Eben so bei einem zweiten und dritten eingelegten Buche dieser Breite und Dicke. Doch war der Klang schon bei dem zweiten sehr dumpf und bei dem dritten nur hauchartig.

No. 4. Zu der vorigen Pfeife wurden 14 Röhrenaufsätze gemacht, und zwar von derjenigen Länge, dafs sie, nach der Reihe aneinandergefügt, die *C*-dur-Scala vom zweigestrichenen *c* bis zum kleinen *c* geben. Auf solche Art vertritt dieser Apparat bei diesem Experimente die Stelle von 15 Pfeifen mit verschiedener Länge und verschiedenem Grundtone, aber mit gleicher Weite und einem und demselben Aufschnitte. Die Kanallängen für die genannten funfzehn Töne sind bei diesem Apparate folgende:

	Fufs.	Zoll.	Lin. Par.
Klein *c* Kammerton	3	7	5
- *d* -	3	1	11
- *e* -	2	8	9
- *f* -	2	6	4
- *g* -	2	2	2½
- *a* -	1	10	6¾
- *h* -	1	7	8

	Fuſs.	Zoll.	Lin. Par.
Eingestr. *c* Kammerton	1	5	10½
- *d* -	1	3	3½
- *e* -	1	1	2¼
- *f* -		11	6¾
- *g* -		10	1¼
- *a* -		8	9½
- *h* -		7	3¼
Zweigestr. *c* -		6	4¼.

Zwar rechnet man bei den Labialpfeifen, unter den gewöhnlichen Verhältnissen ihrer Weite zur Länge, auf das groſse *C* 8 Fuſs, auf das kleine 4, auf das eingestrichene 2, auf das zweigestrichene 1 Fuſs u. s. f. Welche Fuſslänge aber da gemeint sey, finde ich nirgends angegeben. Ist nicht der Pariser, so ist wahrscheinlich der rheinländische Fuſs gemeint. 27 Fuſs Par. sind gleich 28 Fuſs rheinländisch, folglich 3 Fuſs 7 Zoll 5 Lin. Par. gleich 3 Fuſs 9 Zoll 8,27 Lin. rheinländisch. Vergleichen wir nun damit die Kanallängen und die Tonhöhen dieses Apparats, und berücksichtigen wir dabei das jedesmalige Verhältniſs der Weite zur Länge, so ergiebt sich daraus Folgendes. Das kleine *c* soll 4 Fuſs Kanallänge haben. Das trifft mit 3 Fuſs 9 Zoll nahe überein. Das eingestrichene *c* soll 2 Fuſs Kanallänge haben, es hat aber nur 1 Fuſs 5 Zoll 10½ Lin., also noch nicht ganz 1½ Fuſs, und die Kanallänge von 2 Fuſs fällt hier, bei diesem Apparate, mitten innen zwischen *g* und *a* klein, also ungefähr auf klein *gis*. Das zweigestrichene *c* soll 1 Fuſs Kanallänge haben, hat aber hier nur 6 Zoll 4¼ Lin., also wenig über ½ Fuſs, und 1 Fuſs Kanallänge fällt hier zwischen eingestrichen *e* und *f*, doch näher dem letzteren. Der Umfang des Querdurchschnitts, 11 Zoll 8 Lin., also nahe an 1 Fuſs, verhält sich zu der Kanallänge von 3 Fuſs 7 Zoll 5 Lin. des kleinen *c* ungefähr wie 1 zu 4, gegen die Kanallänge von 1 Fuſs

5 Zoll $10\frac{1}{2}$ Lin. des eingestrichenen *c* ungefähr wie 1 zu $1\frac{1}{2}$, und zu der Kanallänge von 6 Zoll $4\frac{1}{4}$ Lin. des zweigestrichenen *c* ungefähr wie 2 zu 1. Folglich, wenn der Umfang des Querdurchschnitts des Kanals den vierten Theil der Länge nicht übersteigt, ist die Tonhöhe gemäfs der Länge des Kanals. Wenn der Umfang des Querdurchschnitts nur noch zwei Mal in der Länge enthalten ist, so ist der Ton um eine grofse Terz tiefer, als er nach der Länge des Kanals seyn sollte. Wenn der Umfang des Querdurchschnitts mit der Länge des Kanals gleich grofs ist, so ist der Ton über eine reine Quinte tiefer, als er der Länge des Kanals zufolge seyn sollte. Und wenn der Umfang des Querdurchschnitts zwei Mal so grofs ist, als die Länge des Kanals, so ist der Ton fast um eine ganze Octave tiefer, als er der Kanallänge nach seyn sollte. Ist er vier Mal so grofs, so spricht die Pfeife nicht an. Das übersieht sich besser in folgendem Schema:

Verhältnifs des Umfangs des Querdurchschnitts zur Länge des Kanals.	Tonhöhe.
wie 1 zu 4	der Länge gemäfs
wie 1 zu 2	um eine grofse Terz tiefer als der Länge gemäfs
wie 1 zu 1	über eine reine Quinte tiefer, als der Länge gemäfs
wie 1 zu $\frac{1}{2}$	fast eine ganze Octave tiefer, als der Länge gemäfs.
wie 1 zu $\frac{1}{4}$	spricht nicht an.

Ich habe hier nur diese wenigen Verhältnisse herausgehoben. Alle anderen hieher gehörigen Verhältnisse ändern sich nach Mafsgabe ihres Abstandes von diesen.

Von diesen viererlei Vergleichen (No. 1 bis 4) ist der letzte, unter No. 4 der entscheidendste. No. 1, 2 und 3 treffen mit No. 4 nicht überein, No. 1, wie schon gesagt, wahrscheinlich wegen irgend einiger Verschieden-

heit der Aufschnitte, No. 2 und 3 wohl aus folgendem Grunde: Jene ausfüllenden Körper lassen neben und hinter sich, wenn auch noch so wenig, doch einige Luft übrig, die von der Hauptmasse nicht völlig winddicht abgesperrt ist, und daher mit dieser gemeinschaftlich schwingt, so, dafs die schwingende Gesammtmasse der Luft, trotz der Ausfüllung, doch denselben Umfang des Querdurchschnitts behält, und dadurch nur die Stärke des Klanges vermindert, die Tonhöhe aber nicht geändert wird.

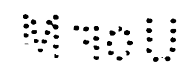
IX. *Ueber den Einflufs der Flaschenform auf die Tonhöhe der darin tönenden Luft, mit Beziehung auf die Menschenstimme; von Dr. Karl Friedr. Sal. Liskovius in Leipzig.*

Es ist die Vermuthung aufgestellt worden, die Mundhöhle verhalte sich bei der Stimme vielleicht nach Art der enghalsigen und unten kugelartig ausgebauchten Arzneifläschchen.

Bekanntlich tönen diese Fläschchen, wenn sie oben querüber angeblasen werden, tiefer, als eben so lange cylindrische oder prismatische Röhren. Es fragt sich nun für's Erste: *In welchem Maafse wirkt diese Form tonvertiefend?* Ein zum Behufe dieser Untersuchung gewähltes Fläschchen der angegebenen Art hat folgende Dimensionen, nach Pariser Maafse:

Länge des Halses	1	Zoll	1	Linie
Kanallänge des Bauches	1	-	9	-
Länge des ganzen Kanals	2	-	10	-
Kanalbreite des Halses		-	$4\frac{1}{2}$	-
Gröfste Breite des Bauches	1	-	9	-

Der Grundton ist eingestrichen *g*



Eine cylindrische Glasröhre von 2 Zoll 10 Linien Länge, gleich der ganzen Kanallänge dieses Fläschchens, und 4½ Lin. Breite, gleich der Kanalbreite des Halses dieses Fläschchens, giebt, ungedackt, dreigestrichen *h*, an einem Ende gedackt, wie das Fläschchen durch seinen Boden, zweigestrichen *h*. Folglich um das Intervall vom zweigestrichenen *h* bis zum eingestrichenen *g* herab, d. i. um eine grofse Decime, wirkt diese Ausbauchung hier tonvertiefend.

Ein anderes kürzer gewähltes Fläschchen hat nicht einen cylindrischen Hals, wie jenes, sondern divergirt gleich von der Mündung an, erst sanfter, dann jählinger, so, dafs das Ganze einen birnförmigen Umfang hat. Die Dimensionen sind, nach Pariser Maafs folgende:

Länge des Halses	1	Zoll	4	Linien
Kanallänge des Bauches	3	-		-
Länge des ganzen Kanals	4	-	4	-
Breite der Mündung		-	8	-
Unterste Breite des Halses	1	-	1	-
Gröfste Breite des Bauches	2	-	11	-

Dieses Fläschchen wurde hiezu gewählt, weil es der Mundhöhle an Gestalt und Gröfse mehr entspricht. Der Grundton dieses Fläschchens ist klein *h*.

Eine cylindrische Glasröhre von 4 Zoll 4 Linien Länge, gleich der ganzen Kanallänge dieses Fläschchens, und von 8 Linien Kanalbreite, gleich der Mündung dieses Fläschchens, giebt, ungedackt, dreigestrichen *e*, an einem Ende gedackt, wie das Fläschchen durch seinen Boden, zweigestrichen *e*. Folglich um das Intervall vom zweigestrichenen *e* bis zum kleinen *h* herab, d. i. um eine Octave und eine reine Quarte wirkt diese Ausbauchung hier tonvertiefend.

Macht die verschiedene Weite der Mündung bei übrigens gleichen Dimensionen dieser Fläschchen einen Unterschied in der Tonhöhe? Und welchen?

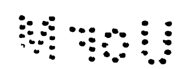
Zwei dazu auserlesene Fläschchen dieser Art hatten

beide in ihrer Kanallänge 3 Zoll 2 Linien Par. M., und in ihrer gröfsten Bauchbreite 2 Zoll, aber die eine 4 Linien, die andere 5 Linien in der Breite der Mündung. Die mit 4 Linien breiter Mündung giebt eingestrichen *d*, die mit 5 Linien breiter Mündung eingestrichen *e*. Demnach ist bei diesen Fläschchen der Ton desto tiefer, je enger unter übrigens gleichen Umständen die Mündung, und umgekehrt.

Wie verhält sich der Ton, wenn die Mündung mehr oder weniger durch Deckung verengert wird? Zu diesem Behufe ist jenes zweite Fläschchen am besten geeignet, weil es die gröfste Mündung hat, und darum die meisten Abänderungen gestattet. Wenn man einen festen Körper winddicht auf eine Stelle des Randes aufsetzt, und während des Blasens allmälig weiter und weiter über die Mündung rückt, so, dafs zuletzt nur noch eine etwa eine Linie breite Ritze offen bleibt, so sinkt der Ton allmälig, d. h. durch die kleinsten Tonunterschiede hindurch, eine kleine oder grofse Septime, eine Octave, manchmal auch noch einen halben oder ganzen Ton tiefer. Je weiter nämlich die Deckung rückt, desto schwächer zugleich wird der Ton, bis er — bei fortgesetzter Verengerung — allmälig verschwindet. Dieses Verschwinden geschieht bald höher, bald tiefer. Das gelingt nicht immer in gleichem Maafse. Ganz dasselbe Resultat fand ich auch an anderen Flaschen.

Welche Flaschengröfse gehört dazu, die tiefsten Töne der Menschenstimme hervorzubringen? Eine Wasserflasche (sogenannte Caraffe), welche in der ganzen Kanallänge 9 Zoll Par. Maafs, in der gröfsten Bauchbreite 4 Zoll $1\frac{1}{2}$ Lin., in der Breite der Mündung $10\frac{1}{2}$ Lin. hält, giebt klein *c* als ihren Grundton. Rechnet man dazu jene Vertiefung durch die Verengerung der Mündung, so sind die tiefsten Töne der Menschenstimme erreicht.

Wie verhält sich der Blaston eines kugeligen Raumes, wenn er zwei einander entgegengesetzte Mündun-



gen hat? Eine zu diesem Behufe in ihrer Mitte kugelförmig aufgeblasene Glasröhre hat folgende Dimensionen Par. Maafs:

Länge des ganzen Kanals	3	Zoll		
Länge eines jeden der beiden Hälse	-	-	7	Lin.
Kanalbreite des einen Halses	-	-	7	-
Kanalbreite des anderen Halses	-	-	6	-
Gröfste Breite des Bauches	1	-	10	-

Der Grundton ist, wenn beide Mündungen offen sind, zweigestrichen *g*, gleichviel ob an dem weiteren oder engeren Ende geblasen wird, nur dafs das weitere Ende schwerer anspricht. Bei der Deckung aber ist ein Unterschied: Am engeren Ende gedeckt und am weiteren angeblasen, giebt zweigestrichen *c*; am weiteren gedeckt und am engeren angeblasen, eingestrichen *h*. Eine cylindrische Glasröhre von ebenfalls 3 Zoll Länge und 7 Linien Kanalbreite giebt — an beiden Enden offen — dreigestrichen *h* Grundton. Die Kugelform wirkt also hier — bei zwei einander entgegengesetzten und offenen Mündungen — um das Intervall vom dreigestrichenen *h* bis zweigestrichenen *g* herab, d. i. um eine grofse Decime, tonvertiefend. Auffallend ist dabei die Wirkung der Deckung, welche hier nicht, wie bei cylindrischen und prismatischen Röhren, eine Octave, sondern, an dem einen Ende angebracht, eine reine Quinte, am anderen eine kleine Sexte Tonvertiefung ausmacht.

Wie verhält sich der Blaston eines kugeligen Raumes mit zwei einander entgegengesetzten Mündungen, wenn diese Mündungen beide verschiedentlich erweitert oder verengert werden? Das vorige Glas, an einem Ende ganz, am anderen bis auf eine zum Ansprechen des Tones nur nothdürftigst noch hinreichende Ritze gedeckt, giebt — aber freilich nur hauchartig schwach — klein *h*, zuweilen auch klein *b* (vergl. den Versuch mit jener grofsen Flasche). Je mehr die Deckung an einem oder beiden Enden allmälig entfernt wird, desto höher

der Ton, bis endlich, bei völlig entfernter Deckung beider Enden, zweigestrichen *g* übrig bleibt.

Wie verhält sich der Blaston einer Flasche, wenn sie durch Ansetzung einer Röhre an ihre Mündung verengert wird? Wenn an die Mündung einer *ein*halsigen Flasche eine Röhre winddicht angesetzt wird, welche gleiche Länge mit dem inneren Raume der Flasche und gleiche Breite mit dem Halse der Flasche hat, so ist der Grundton eine Octave tiefer, als ohne diesen Ansatz. Bei jenem *zwei*halsigen Glase aber ist der Erfolg dieses Verfahrens verschieden, je nachdem das Glas an einem Ende gedeckt oder an beiden Enden offen ist. Im ersten Falle vertieft der Ansatz den Ton ebenfalls um eine Octave, im zweiten aber nur um eine reine Quinte.

In sofern nun diese Flaschenform einige Aehnlichkeit mit dem Umfange der Mundhöhle und eine der Menschenstimme entsprechende Höhe und Tiefe der Töne darbietet, hat jene Vermuthung allerdings etwas Ansprechendes. Doch giebt es auch Gründe dagegen, nämlich:

1) Diese Flaschen reichen zwar in der Tiefe ihrer Töne eben so weit hinab, als die Menschenstimme. Aber welche Gröſse brauchen sie dazu? Vergl. oben den Versuch mit der Wasserflasche. Eine Gröſse, welcher kein menschlicher Mund gleichkommt, auch der richtigste nicht. Eine Flasche von den Dimensionen der Mundhöhle eines erwachsenen Mannes ist zu der Tiefe der männlichen Stimme nicht hinreichend. Vergl. oben den Versuch mit der zweiten Flasche.

2) Je weiter übrigens unter gleichen Umständen die Mündung einer solchen Flasche, desto höher der Ton, und je enger jene, desto tiefer dieser. Nicht so bei der Menschenstimme. Man kann seine hohen Töne nicht nur bei erweiterter, sondern auch bei verengerter, und seine tiefen Töne nicht nur bei verengerter, sondern auch bei erweiterter Mundöffnung hervorbringen.

3) Wenn die Mündung einer solchen Flasche durch

Deckung so weit verengert wird, als es ohne gänzliche Unterdrückung des Anspruchs geschehen kann, so sinkt der Ton gegen eine None, und wenn bei einem kugeligen, mit zwei einander entgegengesetzten Mündungen versehenen hohlen Raume beide Mündungen in diesem Maafse durch Deckung verengert werden, so sinkt der Ton über anderthalb Octave. Nicht so bei der Menschenstimme. Denn wenn man einen Ton bei erweiterter Mundöffnung angiebt, und diese mit der Hand mehr oder weniger bedeckt, ja wohl auch die Nase zuhält, so bleibt doch der Ton der Stimme — unter übrigens gleichbleibenden Umständen — an Höhe unverändert.

4) Wenn an die Mündung einer solchen Flasche eine Röhre winddicht angesetzt wird, so wird der Ton tiefer, und zwar, wenn die Röhre eben so lang ist, als der innere Raum der Flasche, und eben so breit, als die Mündung der Flasche, so beträgt die Vertiefung eine Octave. Nun mag man aber dagegen eine noch so lange Röhre winddicht an den Mund setzen (mit Einschlufs oder Verschliefsung der Nase), der Ton der Stimme bleibt — unter übrigens gleichen Umständen — an Höhe derselbe.

Diesem allen zufolge verhält sich die Mundhöhle bei der Menschenstimme nicht nach Art solcher Flaschen.

X. *Ueber die Verschiedenheit der Licht- und Wärmestrahlen; von* L. Moser.

(Aus d. Monatsbericht d. Academie, August — October.)

« Wenn auch die Existenz von Lichtstrahlen, die jeder Körper aussendet, wie er Wärme strahlt, wenn ferner der Antheil, den das Licht an der Aenderung des Aggregatzustandes der Körper in ähnlicher Weise wie

die Wärme nimmt, die beiden Kräfte nahe bringt, so scheint mir doch das Detail der Beobachtungen eine Identität beider entschieden zurückzuweisen; denn

1) gehört es zu der bekannten Eigenthümlichkeit der Wärme, sich nach allen Seiten hin zu verbreiten, sowohl nach Aufsen, als innerhalb der Substanz selbst, in der sie erregt worden. Nichts von dieser Verbreitung zeigt die andere Kraft. Es geht diefs schon aus den scharfen Umrissen der Daguerre'schen Bilder hervor; fast entscheidender jedoch noch aus den Versuchen, die ich in dieser Beziehung angestellt. Es ist bekannt, dafs die Silberplatten, wie sie zu den gewöhnlichen Versuchen angewandt werden, eine sehr dünne Schicht Jodids an ihrer Oberfläche erhalten, deren Dicke Dumas zu noch nicht einem Milliontheil eines Millimeters anschlägt. Eine solche Platte wurde seit dem 1. Februar beständig im Tageslicht erhalten, und, so oft es anging, in die Sonne gelegt. Als hierauf am 30. Juni die Platte leicht abgerieben wurde, zeigte sie sich noch gegen das Licht empfindlich, und somit hatte die anhaltende Wirkung der Sonne im verflossenen Sommer die geringe Schicht Jodids nicht einmal durchdringen können. Andere Platten sind 7 bis 8 Male so behandelt worden, und haben immer noch empfindliches Jodsilber gezeigt.

2) Wenn man die Vertheilung der Wärme im Spectrum der Sonne betrachtet, so ist an eine Identität von Licht und Wärme nicht wohl zu denken; denn gerade in demjenigen Theile des Spectrums, wo die Wärme am gröfsten ist, in der Nähe des Roth, ist die Wirkung der Lichtstrahlen auf das Silberjodid, so wie wahrscheinlich auf den gröfsten Theil der übrigen Körper, am schwächsten. Ich habe zwar beweisen können, dafs die rothen Strahlen wie alle übrigen wirken, und also z. B. das Jodid zu schwärzen vermögen; allein sie verlangen dazu eine verhätnifsmäfsig sehr grofse Zeit. Hierüber wird folgender Versuch Aufschlufs geben. Eine Silber-

platte wurde jodirt und noch aufserdem den Chlorjoddämpfen ausgesetzt, so dafs ihre Oberfläche gegen das Licht sehr empfindlich wurde; hinter einem lebhaft rothen Glase brachte ich sie hierauf in eine camera obscura, welche auf Häuser in der Sonne gerichtet war. Nach drei Tagen zeigte die Platte ein (negatives) Bild; allein es war schwach entwickelt, so schwach als es ohne rothes Glas, also durch die blauen und die violetten Strahlen, in drei Minuten zu erlangen gewesen wäre. Dafs die rothen Strahlen eine eben so geringe Wirksamkeit auf reines Silber u. s. w. äufsern, habe ich schon früher gezeigt.

3) Eine kleine camera obscura mit einer Linse von nur 7 Linien Oeffnung wurde auf den Mond gerichtet, und eine jodirte und dem Chlorjod ausgesetzte Platte in den Brennpunkt gebracht. Nachdem der Mond hindurchgegangen, wurde die Platte, wie gewöhnlich geschieht, in die Quecksilberdämpfe gehalten, und zeigte ein starkes, gutes Bild der Mondsbahn. Der Versuch ist zu verschiedenen Zeiten mit dem Vollmond, mit dem Mond in seinen Vierteln angestellt worden und mit demselben Erfolg. An Wärme ist jedoch bei diesen Versuchen nicht zu denken.

4) Die Wirkung des Lichts auf alle Körper bietet eine Eigenthümlichkeit dar, von der bei der Wärme nichts vorkommt. Diese letztere wirkt in einer und derselben Art, und steigert bei fortgesetzter Einwirkung blofs den Effect (der Ausdehnung), den sie gleich anfangs hervorbrachte. Das Licht aber wirkt nicht einförmig, sondern durchläuft Phasen, welche man am leichtesten bei dem Silberjodid studirt. In der camera obscura empfängt dasselbe zuerst das längst bekannte negative Bild; bei fortgesetzter Wirkung des Lichts geht das Bild, nach meinen Beobachtungen, in ein zweites positives über. Allein auch hiermit hat die Wirkung des Lichts ihr Ende nicht erreicht. Ich habe es wahrscheinlich gemacht, dafs

es Bilder noch höherer Ordnung geben müsse, und in neuester Zeit habe ich in der That schon einige Male das dritte Bild erhalten, welches negativ ist, und hoffe auch das vierte zu sehen, welches dann wiederum positiv seyn wird.

Eine Folge dieser fortgesetzten Wirkung des Lichts ist die merkwürdige Thatsache, welche Hr. Prof. Rauch an einem Glase beobachtet hat, das, ohne zu berühren, 14 Jahre über einem Kupferstich sich befunden hatte. Man sah darauf ein weifsliches Abbild des Kupfestichs. Dergleichen für sich schon ohne Anwendung eines Dampfes oder anderer Hülfsmittel, wahrnehmbare Bilder sieht man auch häufig auf den innern Kapseln von Taschenuhren. Solche Bilder habe ich auf vielen Metallen, Silber, Kupfer, Messing, Neusilber, Zink, Zinn und sogar auf Gold, ferner auf Glas und Porcellan durch die unsichtbaren Strahlen in einigen Tapen entstehen lassen. Auch die gewöhnlichen Lichtstrahlen bringen sie hervor, wenn man dieselben nur in grofser Intensität wirken läfst.

Diese Bilder auf Körpern, welche chemisch sich so schwer verändern, wie Gold, deuten darauf, dafs die Wirkung des Lichts eigenthümlicher Art ist und mit der Wirkung der Wärme nicht zusammenfällt. Anzuführen ist noch, dafs die Bilder der eben beschriebenen Art immer leicht abgerieben werden können.

5) Gegen die Identität von Licht und Wärme spricht ferner eine Reihe sehr unerwarteter Thatsachen, welche ich vor einiger Zeit beobachtete. Es fand sich zufällig, dafs eine Silberplatte sich gleichmäfsig jodiren lasse, obgleich sie mit einer Schicht Olivenöls überzogen war. Diefs führte zu der Frage, ob auch der Quecksilberdampf eine solche Schicht zu durchdringen vermöchte? Eine Platte, welche die nöthige Zeit in der camera obscura gewesen, wurde also mit Olivenöl befeuchtet und hierauf den Quecksilberdämpfen ausgesetzt; das Resultat war ein sehr gutes Bild der gewöhnlichen Art. Wenn diefs

schon auffallend erscheinen mufs, so ist Folgendes hierbei doch in höherem Maafse beachtenswerth: das Bild war durch das Oel weiter entwickelt worden, und zeigte mehr Detail, als das Bild sonst gehabt haben würde. Der Versuch wurde wiederholt, aber nur die halbe Platte mit Oel befeuchtet. Als sie nunmehr in die Quecksilberdämpfe kam, zeigte die freie Seite ein gutes Bild, die mit Oel überzogene aber schon ein negatives. Das Bild war also in der That weiter vorgeschritten, und ich kann hinzufügen, dafs wenn man Oel auf die angegebene Weise anwendet, die Zeit, welche eine Platte in der camera obscura zu verweilen hat, auf $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ verringert wird.

Es ist mir nichts bekannt, mit dem diese Wirkung des Oels sich vergleichen liefse, z. B. nicht mit der Wirkung gelber oder rother Gläser, an welche man hierbei wohl denken könnte. Denn wenn man die Oelschicht *unmittelbar nach dem Jodiren* anbringt, dann wird die Zeit in der camera obscura sogar auf $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ reducirt, was durch Strahlen keiner Farbe erreicht werden kann. Ich habe ähnliche Versuche mit Rüböl, Fischthran, Terpenthin, Klauenfett, Steinöl angestellt, und ähnliche Erfolge erhalten. Auch habe ich mich überzeugt, dafs die beiden Wirkungen des Lichts auf Silberjodid, die Schwärzung und nachherige Entfärbung, durch Anwendung dieser Flüssigkeiten beschleunigt werden.

Nachdem auf diese Weise der Einflufs ölartiger Substanzen gefunden worden, wiederholte ich den schon beschriebenen Versuch mit dem Monde. Nunmehr erhielt ich das Bild der Mondsbahn negativ, daher rührend, dafs die Strahlen des Mondes jetzt zu kräftig gewirkt hatten.

Wenn man hiezu erwägt, dafs die Oele, nach Melloni's Versuchen, die Wärme in geringem Grade durchlassen, so überzeugen die angeführten Thatsachen, dafs die Einwirkung des Lichts auf eine jodirte Silberplatte nicht von der Wärme abhänge, welche mit dem Licht gewöhnlich verbunden ist.

6) Endlich möchte ich bemerklich machen, daſs es keine Wirkung der Wärme auf das Silberjodid giebt, welche mit der des Lichts einerlei sey, oder auch nur verglichen werden könnte. Das Licht schwärzt das gelbe Jodid, verwandelt das geschwärzte wieder in farbiges u. s. f. Die Wärme aber giebt dem Jodid ein milchweiſses Ansehen, mag dasselbe farbiges oder geschwärztes gewesen seyn. Das Silber ist in diesem Zustande gegen das Licht nur wenig empfindlich, und zeigt dieſs, indem es in der Sonne langsam eine etwas grauere Farbe annimmt.

Es wäre nicht unwahrscheinlich, daſs die Wärme auf das Jodid hiebei in der Art wirkte, daſs Jod fortgetrieben würde und Sauerstoff an dessen Stelle träte. Wenn das der Fall ist, so setzen Versuche dieser Art in den Stand, die latente Farbe des Sauerstoffs zu bestimmen, worüber ich mir einige Bemerkungen zum Schluſs erlaube, obgleich sie dem eigentlichen Gegenstand dieser Mittheilung fremd sind.

Wenn man eine jodirte Silberplatte, wie sie aus der camera obscura kommt, erwärmt, so wird die Platte gleichmäſsig weiſs, und das Bild, welches sie trug, ist also nivellirt. Ganz dasselbe tritt ein, wenn das Bild auf der Platte ein sichtbares ist, ein negatives sogar in den höheren Stadien; es verschwindet beim Erwärmen vollkommen. Daraus folgt, daſs wenn hiebei der Sauerstoff gewirkt hat, die Farbe seines latenten Lichts keine der prismatischen ist. Wenn dagegen unsichtbare Strahlen ein Bild auf dem Silberjodid hervorbrachten, so tritt dasselbe bei der Erwärmung der Platte hervor, obgleich es vorher nicht sichtbar gewesen. Nun bedarf man zu diesen Versuchen des Silberjodids nicht. Man lasse die unsichtbaren Strahlen auf Kupfer, Messing wirken, und erwärme dann bis zum Anlaufen, so wird das Bild ebenfalls zum Vorschein kommen. Dieser Methode bediene ich mich seit einigen Tagen mit Erfolg. Wenn die Ver-

änderung der Farbe eines Metalls beim Anlaufen, wie es gewöhnlich angenommen wird, von einer Oxydation herrührt, so beweisen diese Versuche, dafs das latente Licht des Sauerstoffs von einer so grofsen Brechbarkeit sey, als das unsichtbare Licht sie zeigt.«

XI. *Ueber die in Bd. LVI S. 633 d. Ann. beschriebenen, auf den Mond bezüglichen Kreise und Bogen.*

Die zu Lemberg 1839 Dec. 18 von Hrn. E. Heiden gemachten Beobachtungen habe ich einer näheren Rechnung unterworfen, wonach sie in Bezug auf eine Bestimmung des gröfseren Ringes von 47° Halbmesser nicht ohne Interesse seyn möchten. Was die an zwei anderen Tagen beobachteten Kreise von 14° bis 16° Halbmesser betrifft, wie sie anderweitig selten oder gar nicht vorgekommen sind, so würden für jetzt nur ganz hypothetische Erklärungen davon gegeben werden können. In der Angabe der Zeit mufs eine Ungenauigkeit oder Unrichtigkeit liegen, da Dec. 18 »zwischen 10 und 11 Uhr« zu Lemberg das wirkliche Azimut des Mondes zwischen 6°,0 O. und 24°,6 W. war, nicht aber 38° bis 40° (O. oder W.) seyn konnte. Die Beobachtung mufste daher eine Stunde früher oder vielleicht am folgenden Tage (Dec. 19) gemacht seyn, wo der Mond um diese Zeit ein mehr östliches Azimut hatte. Für die Höhe des Mondes (auf die es bei der beobachteten optischen Erscheinung nur ankommt) hat es wenig Einflufs, da sich derselbe in der Nähe des Meridians befand, und daher in Höhe wenig änderte. Auch giebt der Halbmesser des durch den Mond gehenden weifsen Kreises (26°) eine Bestimmung seiner Höhe zu 64°, womit Hrn. H's An-

gabe von 60° bis 64°, und die für 10^h und 11^h wirklich stattfindenden Höhen von 66° und 64°,6 (incl. der Parallaxe) genügend übereinstimmen. Hieraus und aus der beigegebenen Figur (Taf. II Fig. 11) ergiebt sich sodann mit ziemlicher Sicherheit, dafs

1) der durch den Mond gehende Kreis von 26° Halbmesser: *der weifse Horizontalkreis* war, dessen Mittelpunkt das Zenith ist;

2) der Kreis von $24\frac{1}{2}$° Halbmesser: *der Ring von* 22°, dessen Halbmesser, besonders wenn er im verticalen Sinne gemessen wurde, etwas zu grofs gefunden werden konnte (vergl. Ann. XXXXIX S. 265 u. f.);

3) der nach Süden gelegene, mit letzterem Kreise concentrische Bogen von 49° Halbmesser: *ein Stück des Ringes von* 47°;

4) der diesen berührende, mit dem ersteren Kreise concentrische Bogen von 75° Halbmesser: *der untere Berührungsbogen des Ringes von* 47°.

Die Erscheinung dieses Berührungsbogens war mir von besonderem Interesse, theils weil eine wirkliche Beobachtung meines Wissens sonst nicht bekannt ist, theils weil er mit der in meiner Abhandlung über die Höfe und Nebensonnen (Bd. XXXXIX dies. Ann.) gegebenen Darstellung der Berührungsbogen eine genaue und dieselbe entschieden bestätigende Uebereinstimmung darbietet. Die daselbst, S. 268 und 269, gegebenen Tafeln, welche die Werthe von h und $\gamma+\gamma'$ für verschiedene Werthe der Ablenkung c enthalten, machen die Berechnung der Berührungsbogen der Ringe von 22° und 47° Halbmesser und ihre demnächstige Construction durch Punkte sehr leicht. Man legt zu $\log \tang h$ nach der S. 268 gegebenen Formel die $\log \tang$ der Mondhöhe H hinzu, und erhält so die γ'', woraus man nach Formel (17):

$$\chi=\gamma+\gamma'+\gamma'',$$

d. i. die Winkelabstände der abgelenkten Strahlen von dem

dem Verticalkreise des Mondes erhält, welche den einzelnen Ablenkungen $c=47°$, 48°, 49° .... entsprechen. Die so bestimmten Punkte des unteren Berührungsbogens geben in dem vorliegenden Falle einen Bogen wie in der Fig. 11 Taf. II, dessen Sinn der Krümmung mit dem der Krümmung des zugehörigen Ringes (bei dieser Mondhöhe von 64°) *gleich* ist; und von dem ein in den Mittelpunkt des ersten Kreises (das Zenith) eingesetzter Zirkel zeigt, dafs der Berührungsbogen fast genau ein mit dem genannten Kreise concentrischer Kreisbogen seyn mufste, wie diefs von Hrn. H. angegeben wird.

Die für die Erscheinung dieses Bogens *günstigste* Mondhöhe ist der angeführten Abhandlung, S. 267, zufolge 68° 3',2, so dafs in dem vorliegenden Falle 4° daran fehlten, die Entfernung vom Mondmittelpunkte also nach S. 265 etwas zu grofs gefunden werden konnte. Wenn ich indefs Hrn. H.'s Angabe von 49° unverändert benutze und die S. 246 noch aufserdem angeführten Messungen hinzufüge, so ergiebt sich der Halbmesser des gröfseren mit Sonne oder Mond concentrischen Ringes:

nach	Scheiner	1630	47° 40'
-	Weidler	1735	45 30
-	de Fouchy	1735	47 0
-	Bravais	1839	45 55
-	Heiden	1839	49 0
	im Mittel		47° 1'
Nach der Rechnung sollte er seyn für den hellsten Theil des Spectrums (S. 246)			46 51

und es ist zu erwarten, dafs die Annahme von 47° in runder Zahl, bis auf ½ richtig ist.

Berlin, 1842 Dec. 23. J. G. Galle.

XII. *Sind die Jupitersmonde mit bloſsem Auge sichtbar?*

Veranlaſst durch die Angabe des Astronomen Vico, daſs man zu Rom i. J. 1838 den 6. und 7. Mond des Saturns nicht eher im Fernrohr gesehen habe, als bis der Hauptplanet hinter die Metallplatten des Mikrometers trat, macht Hr. Arago in den *Compt. rend. T. XV p.* 750 folgende Bemerkung.

Wenn man den Jupiter mit bloſsem Auge betrachtet, so erscheint derselbe als ein sehr heller Punkt, der nach allen Seiten Strahlen aussendet. Die Länge dieser Strahlen ist bei verschiedenen Beobachtern sehr ungleich. Einige finden sie nicht über 3, 4 oder 5 Minuten, andere dagegen 12 bis 15. Für gewöhnlich bleiben daher Jedermann die Satelliten durch ein falsches Licht verdeckt. Nehmen wir nun an, daſs in einigen seltenen Augen das Bild des Jupiters nur durch Strahlen von 1 bis 2 Minuten Länge erweitert werde, so scheint es nicht unmöglich, daſs diese, ohne das Kunstmittel der Vergröſserung, von Zeit zu Zeit die Satelliten wahrnehmen können. Um diese Vermuthung zu prüfen, hat Hr. A. ein kleines Fernrohr anfertigen lassen, das ein Objectiv und ein Ocular von gleicher Brennweite besitzt, also *nicht vergröſsert.* Dieſs vernichtet zwar die divergirenden Strahlen nicht gänzlich, verkürzt sie aber bedeutend. Nun, dieſs hat hingereicht, schon beim ersten Versuch, einen (welchen?) zweckmäſsig vom Jupiter entfernten Mond sichtbar zu machen. Die Thatsache ist von mehren Gehülfen an der Pariser Sternwarte bestätigt. Hienach ist es also sehr glaublich, daſs es Augen von solcher Vollkommenheit gebe, daſs sie die fernsten und hellsten Gegenstände befreit von allem falschen Lichte erblicken, demnach auch jene Monde ohne weiteres sehen.

XIII. *Ueber elektrische Abbildungen; von G. Karsten.*

Die über elektrische Abbildungen [1]) fortgesetzten Versuche haben folgende Resultate gegeben: 1) Die Bedingungen des Gelingens der Bilder haben sich genauer herausgestellt. 2) Zwischen den Arten der Elektricität ist ein Unterschied bemerkbar. 3) Die elektrischen Abbildungen sind wesentlich verschieden von den durch das Licht hervorgebrachten, dagegen scheinen sie mit denen des, vom Prof. Moser sogenannten, unsichtbaren Lichtes identisch zu seyn. 4) Die Erzeugung von Bildern durch Galvanismus ist zweifelhaft, durch Magnetismus dagegen entstehen dergleichen. 5) Durch Wärme, und zwar durch verschiedene Anwendung derselben, entstehen Bilder, doch sind die Bedingungen des Entstehens noch nicht klar geworden.

1) Schon in der früheren Notiz hatte ich bemerkt, dafs Bilder auf Glastafeln nur dann deutlich erschienen, wenn aus der Münze Funken nach dem unter der Glastafel befindlichen Metallblech überschlugen. Diefs Verhalten kann ich bestätigen, und hinzusetzen, dafs das Bild um so deutlicher wird, je öfter eine Selbstentladung der durch Münze und Metallblech gebildeten elektrischen Flasche eintritt. Es schien diefs darauf hinzudeuten, dafs ein fortdauerndes Strömen der Elektricität zur Erzeugung deutlicher Bilder nothwendig ist. Diefs wird durch das Verhalten von Halbleitern der Elektricität bestätigt; auf diesen erschienen die Bilder mit grofser Schärfe, während die Elektricität langsam entwich. Die Münze zeigte sich dabei von einem Strahlenkranze, eine Folge der elektrischen Ausströmung, umgeben. Das umgekehrte

1) Vergl. Bd. LVII S. 492.

Verfahren wie bei Glastafeln mufste bei Metallplatten angewendet werden. War es beim Glase nöthig die Elektricität fortzuschaffen, und ihre Anhäufung auf dem Glase zu verhüten, so mufste man dagegen beim Metalle die Schnelligkeit der Elektricität mäfsigen. Wie ich in der Notiz bemerkt habe, bediente ich mich zu diesem Behufe zuerst eines geölten Papieres, das ich zwischen Münze und Platte einschob; jetzt aber wende ich dazu eine dünne Glastafel, oder noch viel besser ein Blättchen von russischem Glimmer an, wodurch ich schon nach 15 bis 20 Umdrehungen, das heifst in Zeit von 10 bis 15 Secunden, ein aufserordentlich scharfes Bild erhalte. Je feiner der Isolator, d. h. je vollständiger die entgegengesetzte Elektricität gebunden wird, desto schärfer und schneller erhält man das Bild. Hierüber kann ich folgenden Versuch anführen. Zwei Glimmerblättchen wurden so auf eine Metallplatte gelegt, dafs sie in der Mitte eine doppelte, an den Seiten eine einfache Lage bildeten. Nach 15 Umdrehungen erschien eine darauf gelegte Münze an den Seiten sehr scharf, in der Mitte schwach. Die besten Bilder erhält man auch hier, wenn die Selbstentladungen dieser kleinen Flasche schnell aufeinander folgen. Da das Bild, welches durch Ueberspringen von Funken aus dem positiven Conductor gebildet wird, in Wahrheit der auf der Metallplatte gebundenen negativen Elektricität zuzuschreiben ist, so werde ich diefs, wenn es später zur Sprache kommt, ein *negat. elektr.* Bild nennen, und umgekehrt das am negativen Conductor gebildete ein *posit. elektr.* Bild, versteht sich nur bei Bildern auf Metallplatten. Aus diesen Versuchen geht also hervor, dafs es eine Bedingung für das Entstehen deutlicher Bilder ist: der Elektricität eine mittlere Geschwindigkeit zu geben. Uebrigens wurden sowohl in Betreff der Platten als der abzubildenden Gegenstände mannigfaltige Veränderungen gemacht. Weifse und farbige Gläser, Marmor, Achat, Porphyr, Granit, Syenit,

Glanzpapier, Holz, Horn, Harz, Silber, Kupfer, Messing, Neusilber, Weifsblech, Stahl, Zink und einige Metall-Legirungen bildeten die Platten. Besonders bemerkenswerth war der Versuch auf einer Platte von polirtem Diorit aus Schweden. Er besteht aus Albit, Hornblende und eingesprengten Stücken von Magneteisenstein. Legte man ein Glimmerblättchen zwischen Münze und Platte, so waren nur auf den Metalltheilchen Abbildungen zu sehen. Wurde kein Glimmerblatt eingeschaltet, so war auf dem Albit und der Hornblende das Bild sichtbar, und zwar verschieden deutlich, nicht aber auf dem Magneteisenstein. Etwas Aehnliches bemerkt man bei allen gemengten Steinarten. Man sieht hieraus sehr deutlich, dafs das Leitungsvermögen der verschiedenen Substanzen zu berücksichtigen ist. Vielleicht gäbe diefs ein Mittel an die Hand, das Leitungsvermögen einiger Körper zu bestimmen. Die abzubildenden Gegenstände wurden eben so mannigfaltig verändert. Münzen und Medaillen von verschiedenen Metallen, Petschafte, geschnittene Steine, andere Mineralien, Glas und Papier dienten dazu. Das zwischen Münze und Platte eingeschobene Glimmerblatt war besonders immer sehr scharf zu sehen. Auch hier zeigten sich feine Unterschiede; diese erstreckten sich so weit, dafs sich ein getheilter Kreis, der auf Papier in Kupfer gestochen war, auf einer Metallplatte deutlich mit den feinen Theilstrichen abbildete. Meistens bediente ich mich jedoch bei den Versuchen verschiedener Geldstücke, der Gleichmäfsigkeit des Gepräges wegen. Bei der Erzeugung von Bildern einer Münze auf einer plattirten Silberplatte, wie man sie gewöhnlich zum Daguerreotypiren anwendet, ereignete sich der sonderbare Umstand, dafs nach einer grofsen Anzahl von Umdrehungen das Bild der Münze und das des Glimmerblättchens schon scharf auf der Platte sichtbar waren, ohne dafs Dämpfe hätten angewendet werden müssen; und zwar zeigte diese gleichsam eingravirte Münze im Zerstreuungslicht eine

braune, im Spiegellicht eine bläulichweifse Farbe. Zuerst schrieb ich diefs etwa auf der Platte zurückgebliebenen Spuren von Jod, oder von anderen beim Putzen gebrauchten Substanzen zu. Allein unterschweflichtsaures Natron und verdünnte Salpetersäure veränderten das Bild nicht. Um jedoch sicher zu seyn, nahm ich ganz neue Platten, und hatte dieselbe Erscheinung; bei 1000 Umdrehungen war schon das ganze Bild gleichsam eingeätzt, 2000 Umdrehungen vermehrten die Intensität der braunen Farbe. Eine ganz neue Silbermünze schien an den Stellen, welche sich abgebildet hatten, den Glanz verloren zu haben; allein die Annahme, dafs Metalltheilchen von ihr zur Platte übergegangen seyn sollten, war, des dazwischen liegenden Glimmerblättchens wegen, unstatthaft. Bei der Funkenbildung zwischen Münze und Glimmerblättchen einerseits, und Metallplatte und Glimmerblättchen andererseits, könnten sich sehr kleine Mengen von Salpetersäure bilden, diesen jedoch die Wirkung zuzuschreiben, scheint mir unpassend, da nicht einmal angefeuchtetes Lackmuspapier seine Farbe merklich ändert. Uebrigens habe ich diese Erscheinung später oft bemerkt, jedoch nur bei plattirten Platten oder Metall-Legirungen; jedenfalls scheint es ein von der Bilder-Erzeugung selbst getrennter Procefs zu seyn, da diese schon nach 20 Umdrehungen so schön als möglich von Statten gegangen ist, während zu jenem Einätzen viele Umdrehungen nöthig sind.

2) In der angeführten ersten Notiz über diesen Gegenstand hatte ich gesagt, dafs + und — Elektricität dieselbe Wirkung hervorbrächten. Dieser Punkt ist jedoch noch keineswegs hinlänglich aufgeklärt. In sofern wirken zwar beide Elektricitäten gleich, als durch Wasserdämpfe das Bild auf Glas wie auf Metall gleich scharf und in gleicher Weise erscheint, man mag nun + Elektricität oder — Elektricität, oder beide zugleich anwenden. Genau gleiche Quantitäten beider Elektricitäten

konnte ich unmittelbar nicht in die Münze bringen, da meine Maschine getrennte Conductoren hat, und die + Elektricität bedeutend stärker wirkt; indessen wurde auch durch die Funken aus dem äufseren Belege einer Lane'schen Flasche kein Unterschied bemerkbar. Wasserdämpfe, als das erste Mittel, das mir die Bilder deutlich zeigte (und noch jetzt immer das beste), brachten durchaus keine Differenz hervor, jedesmal blieben die erhabenen Stellen der Münze unbenäfst. Beim Anhauchen möchte man fast zwei Arten von Hauch unterscheiden. Man sieht nämlich, dafs der Hauch sich erstens schnell und gleichmäfsig über die ganze Platte verbreitet, zweitens aber an einzelnen Stellen, besonders wo das Bild ist, sich langsam gleichsam in das Metall hineinzieht, eine Erscheinung, die viel Aehnlichkeit mit der hat, wenn Wasser sich zwischen zwei nahe liegenden Glasplatten verbreitet. Der erste Hauch verschwindet aufserdem schnell, während der zweite lange an dem Metall haftet. Trotz der grofsen Gleichheit der durch Wasserdampf sichtbar gemachten elektrischen Bilder ist dennoch ein Unterschied zwischen ihnen aufzufinden, der sich beim Fixiren der Bilder durch Jod- und Quecksilberdämpfe zeigte. Man erhält nämlich bald Bilder, in denen die hervortretenden Theile der Münze stärker, bald solche, wo sie schwächer von den Dämpfen angegriffen sind, als die übrigen Parthien der Platte. Die erste Art Bilder macht den Eindruck einer erhabenen Münze, die zweite den einer vertieften. Das Hervortreten der einen oder der andern Art von Bildern erschien mir zuerst durchaus regellos. Der Unterschied zwischen positiven und negativen Bildern, den Hr. Prof. Moser bei den Lichtbildern als [illegible]r Spannung der Dämpfe begründet angiebt, tra[illegible]en elektrischen Bildern durchaus nicht hervor. Später aber bemerkte ich, dafs ein durch wenige Umdrehungen erzeugtes *negativ elektrisches* Bild durch Joddämpfe als negatives, d. h. vertieftes, Bild fixirt

wurde, umgekehrt ein *positiv elektrisches* Bild, als positives, d. h. erhabenes. Es ist merkwürdig, wie sich hier die in der Elektricitätslehre gebräuchliche Terminologie dem von Herschel auf ganz anderem Gebiete gegebenem Namen anschliefst. Die Schärfe der Bilder wurde nicht verbessert, wenn die jodirten Platten Quecksilberdämpfen ausgesetzt wurden. Die *negativ elektrischen* Bilder wurden seltener so gut durch Joddämpfe fixirt wie die *positiv elektrischen.* Setzte man dagegen die reinen Platten erst Quecksilberdämpfen von 75° C. aus, und erzeugte dann das Bild, so wurden auch die *negativ elektrischen* Bilder durch Jod sehr scharf fixirt, und zwar nicht selten als positiv, während die *positiv elektrischen* Bilder durch diefs Verfahren nichts gewannen. Eine Regelmäfsigkeit des Umschlagens der *negativ elektrischen* Bilder in positive, durch vorher angewandte Quecksilberdämpfe, habe ich nicht entdecken können, obwohl es mir scheint, als habe die Quantität der gebrauchten Elektricität bedeutenden Einflufs, wie folgende Versuchsreihe es angiebt.

Art des elektrischen Bildes.	Anzahl der Umdrehungen.	Art des Bildes nach dem Jodiren.
positiv	30	positiv
positiv	100	schwach negativ
positiv	200	negativ
* positiv	30	positiv
* positiv	100	schwach positiv
* positiv	200	unkenntlich
negativ	30	negativ
negativ	100	schwach positiv
negativ	200	positiv
* negativ	30	[illegible]ach positiv
* negativ	100	[illegible]negativ
* negativ	200	[illegible]sitiv

Bei den mit * bezeichneten Versuchen wurde die reine Platte vor Erzeugung des Bildes Quecksilberdämpfen von

75° C. ausgesetzt. Ich bin weit entfernt davon, den Erfolg für constant zu halten, oder schon irgend etwas bestimmtes aus den Versuchen folgern zu wollen, nur scheint mir ein Einfluſs der Elektricitätsmengen auf die Art des Bildes daraus hervorzugehen; nach welchem Gesetze sich dieser richtet, muſs ich vorläufig dahin gestellt seyn lassen. Die positiven Bilder, welche durch *negativ elektrische* Bilder entstanden sind, unterscheiden sich von dem der *positiv elektrischen* durch die Farbe, auf Messing haben diese eine blaue, jene eine schöne goldgelbe Farbe. Die angeführten Versuche sind alle auf Messingplatten angestellt worden, da es mir noch nicht gelungen ist auf Silber die Bilder zu fixiren, obwohl die Wasserdämpfe sie mit groſser Schärfe zeigen. Auch die metallische Beschaffenheit der Platte scheint von Einfluſs auf die Art des Bildes zu seyn, doch ist das alles noch zu ungewiſs, als daſs man darüber eine bestimmte Meinung aussprechen könnte.

3) Faſst man alle Eigenthümlichkeiten der elektrischen Bilder, die sie von den Lichtbildern unterscheiden, zusammen, so kommt man zu dem Schlusse, daſs sie identisch sind mit den, nach Prof. Moser, durch unsichtbares Licht erzeugten. Das Erste, was die elektrischen Bilder von den Lichtbildern scheidet, ist das Verhalten der fixirenden Dämpfe. Quecksilberdämpfe bringen die elektrischen Bilder nicht hervor, wohl aber Joddämpfe. Schlägt man dasselbe Verfahren bei den elektrischen Bildern ein, wie das, was man, um Lichtbilder zu erhalten, anwendet, so kommt man zu keinem Resultate, d. h. nimmt man eine jodirte Platte und erzeugt darauf ein Bild, so wird dieſs durch Quecksilberdämpfe nicht hervorgebracht, obwohl es in groſser Schärfe auf der Platte vorhanden ist, wovon man sich durch Behauchen überzeugen kann. Bringt man aber eine solche jodirte Platte mit dem Bilde darauf in die Sonne, so tritt das Bild dadurch hervor, indem die ganze Platte sich

schwärzt, das Bild aber entfärbt wird oder doch die hellere Farbe behält, d. h. es erscheint als negatives Bild. Eine Aenderung des Jod ist also allerdings vor sich gegangen, das ist das Gemeinsame mit den Lichtbildern, aber die Aenderung ist eine wesentlich andere, sie ist bei den elektrischen Wirkungen eine solche, wie sie durch jeden und auf jedem Körper hervorgebracht wird, bei den Lichtwirkungen wird das Jod in einer nur ihm eigenthümlichen Weise afficirt. Im Allgemeinen scheint die Untersuchung, ob Licht oder Wärmestrahlen etwa die Ursache der elektrischen Bilder seyen, ziemlich entfernt zu liegen; gesetzt man hätte zuerst auf elektrischem Wege die Bilder erzeugt, wäre es alsdann wohl Jemanden eingefallen diese Wirkung dem elektrischen Lichte oder gar einer Wärmeerregung durch Elektricität zuzuschreiben? Gewifs nicht, man hätte ohne Zweifel in den Bildern eine der Elektricität eigenthümliche Wirkung gesehen. Die Untersuchung wird aber ganz überflüssig seyn, wenn sich herausstellen wird, dafs die elektrischen Bilder gleich sind den durch das unsichtbare Licht hervorgebrachten. Diefs zeigt sich nun in allen Erscheinungen ganz evident. Vergleicht man z. B. die Eigenschaften der beiden Arten von Bildern, die beim Nivelliren hervortreten, so findet sich, dafs sie ganz dieselben sind. Bilder vom unsichtbaren Lichte werden durch keine Farbe nivellirt, auch nicht durch sich selbst, eben so die elektrischen Bilder. Blau, violett (Wasserdämpfe, Joddämpfe nach Prof. Moser), und das Tages- und Sonnenlicht bringen die Bilder des unsichtbaren Lichts hervor, sie fangen die Wirkung an, ganz wie bei den elektrischen Bildern. Roth und gelb (Quecksilberdämpfe) dagegen können die Bilder nicht hervortreten lassen, oder wenigstens nur nach sehr langer Zeit, das ist auch bei den elektrischen Bildern der Fall. Hiermit vereinigt sich ferner sehr gut, dafs ein elektrisches Bild auf einer jodirten Platte durch Quecksilber nicht hervorgebracht wird,

wie ich vorher erwähnte. Kurz alle Erscheinungen sprechen dafür, dafs das elektrische Bild zu der Familie des durch unsichtbares Licht hervorgebrachten Bildes gehört; doch würde meine Folgerung eben deshalb seyn: dafs das unsichtbare Licht kein [1]) Licht ist. Der Name ist jedenfalls nicht dem eigentlichen Charakter des Phänomens gemäfs gewählt; Hr. Prof. Moser sagt selbst, das unsichtbare Licht käme dem Sonnenlichte nicht zu, wohl aber allen Körpern, nun dann ist es eben kein Licht, sondern die Wirkung einer Kraft, die jedem Körper zukommt. Das Verknüpfende zwischen den wahren Lichtbildern und den [2]) durch unsichtbares Licht hervorgebrachten ist nur: dafs beide veränderte Zustände der Oberflächen der Körper anzeigen, dafs diese bei den einen (vom unsichtbaren Licht herrührenden) stärker ist als bei den andern (Lichtbildern). Alle diese Erscheinungen weisen auf Cohäsionsveränderungen hin; Licht, Wärme, Elektricität, alle haben diesen einen Punkt in dem sie zusammenkommen, und so glaube ich, dafs viel eher der Grund in der Cohäsion als im Lichte zu suchen ist. Doch wie soll man schon über das Wesen eines Dinges sprechen, wo die Thatsachen noch so unsicher sind, darum genug vom Hypothetischen. Die Wirkung des Lichts auf die jodirten Platten ist übrigens für alle Metalle gleich. Wenn es mir, wie ich vorher anführte, nicht gelang, durch Joddämpfe auf Silberplatten Bilder zu erhalten, so bringt doch das Licht die auf jodirten Platten erzeugten *elektrischen* Bilder auf Silber sowohl, wie auf den übrigen Metallen hervor. Hr. Prof. Moser unterscheidet Wasserdämpfe und Joddämpfe ihrer latenten Farbe nach nicht, d. h. er schreibt ihnen die

1) Vergleiche den Aufsatz des Hrn. Prof. Moser: Ueber das Latentwerden des Lichts. Annal. Bd. LVII.

2) Es ist unangenehm, dafs man immer einen langen Satz machen mufs, um nicht „unsichtbare Lichtbilder“ zu sagen.

gleiche Fähigkeit zu, die Bilder entweder zu nivelliren oder zu entwickeln. Ganz stimmt diefs nicht mit der Erscheinung bei den *elektrischen* Bildern, indem die Wasserdämpfe die Bilder immer vorzüglicher zeigen als die Joddämpfe, ja noch oft scharfe Bilder hervortreten lassen, wo durch Joddämpfe keine Spur zum Vorschein kommt.

4) Mit Galvanismus habe ich zwar Versuche zur Erzeugung von Bildern gemacht, jedoch keine unzweifelhaften Resultate erhalten. Eine Säule von 40 Plattenpaaren von je 49 Quadratzoll gab keine Wirkung, weder wenn der Strom durch eine auf Glas oder Metall ruhende Münze geleitet wurde, noch wenn die Platte den einen, die Münze den andern Pol bildete. Eben so wenig wirkte ein Calorimotor, der doch recht gute Schliefsungsfunken gab. Zwar erhielt ich jedesmal den Rand der Münze, da der Procefs indessen zu lange dauerte, kann ich nicht bestimmen, ob die erhaltenen Bilder galvanische waren. Durch den Magnet erhielt ich dagegen unzweifelhafte Wirkungen. Eine eiserne Medaille, die auf einem Stahlspiegel ruhte, wurde einige Male gestrichen, und es zeigte sich beim Behauchen der Rand derselben. Dafs die Bilder keiner andern Ursache zugeschrieben werden können, zeigten mehrere Gegenversuche. Mit starken Magneten würde daher, wie ich glaube, ein günstiges Resultat zu erwarten seyn. Ob durch Elektromagnetismus und Magnetelektricität Bilder entstehen, habe ich nicht untersuchen können, weil mir die Apparate nicht zu Gebote stehen.

5) Durch Wärme endlich habe ich sehr scharfe Bilder erhalten, und zwar auf verschiedene Weise. Eine Glastafel wurde mit einer darauf gelegten Münze im Ofen erwärmt, nach 5 Minuten herausgenommen und abgekühlt. Mitunter zeigte sich beim Behauchen ein Bild; manchmal kam dasselbe sonderbarerweise erst durch Abreiben der Platte zum Vorschein, ein Umstand, den ich über-

haupt bei den Wärmebildern oft bemerkt habe. Ein ähnliches Verfahren mit Metallplatten gab keine sicheren Resultate. Wurde dagegen eine Münze über einer Flamme mäfsig erwärmt und mit ihr eine Platte momentan berührt, so kam häufig ein schönes Bild zum Vorschein, was sich durch Jod- und Quecksilberdämpfe fixiren liefs. Am besten schien das Bild hervorzutreten, wenn die Münze berufst war. Jedesmal wenn ein scharfes Bild entstanden war, konnte man dasselbe auch schon ohne Anwendung von Jod und Quecksilber oder andern Dämpfen erblikken, und zwar mit derselben bläulichen Farbe, die bei den *elektrischen* Bildern auf Silberplatten zum Vorschein kommt, wie ich es unter 1) beschrieben habe. Die Bedingungen des Gelingens der Wärmebilder sind mir noch nicht klar geworden.

December 1842.

XIV. *Ueber die Elasticität des Holzes; von G. Hagen.*

(Aus dem Monatsbericht der Academie. November.)

Die Beobachtungen wurden an prismatischen Stäben von quadratischem oder oblongem Querschnitt angestellt, welche aus trocknem, gesundem und möglichst geradfaserigem Holze in der Stärke von $\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Zoll mit einer Kreissäge sorgfältig ausgeschnitten waren. Gewöhnlich wurden die Stäbe in senkrechter Stellung mit dem unteren Ende fest eingespannt, und am oberen Ende abwechselnd nach einer und der andern Seite durch verschiedene Gewichte herüber gezogen. Die Ausweichungen markirte ein Zeiger in der Verlängerung des Stabes. Die letzte Anordnung beruht auf der Eigenthümlichkeit der elastischen Linien, dafs bei geringen Abweichungen

von der geraden Linie, die Tangente, welche an ihr freies Ende gezogen wird, immer in demselben Punkte die ursprüngliche Richtung der Feder schneidet. Wird das freie Ende der Feder von einer Kraft afficirt, welche senkrecht gegen sie gerichtet ist, so liegt dieser Durchschnittspunkt auf $\frac{1}{3}$ der Länge: der Abstand verwandelt sich aber in $\frac{1}{4}$, wenn die Kraft bei gleicher Richtung nicht nur auf das Ende, sondern gleichmäſsig auf die ganze Länge der Feder wirkt, und in $\frac{1}{\pi}$, wenn die Feder in ihrer Längenrichtung gedrückt wird.

Will man aus den Dimensionen des Stabes, aus seiner Ausweichung und dem entsprechenden Zuge die Stärke seiner Elasticität berechnen, so ist es nöthig zu wissen, ob der Widerstand der einzelnen Längenfaser gegen *Ausdehnung* eben so groſs ist, wie gegen *Compression*. Geht man von der Ansicht aus, daſs die Form eines Körpers im natürlichen Zustande schon aus dem Gleichgewichte gewisser anziehender und abstoſsender Kräfte entspringt; so folgt hieraus unmittelbar, daſs beide Kräfte auch gleiche Veränderungen hervorbringen müssen, wenn sie um gleiche Quantitäten zunehmen. In diesem Falle würden in einem prismatischen Stabe, dessen Querschnitt ein Rechteck ist, diejenigen Fasern, welche bei der Krümmung ihre Länge nicht verändern, oder die *neutrale Axe* in der Mitte liegen, wie Poisson dieses ohne weiteren Beweis annimmt. Die in England angestellten directen Messungen der Krümmung, welche starke Stäbe an einzelnen Stellen annehmen, haben indessen ergeben, daſs sowohl im Holze, wie im Eisen die neutrale Axe näher an der concaven Seite liegt, das heiſst, daſs bei gleichem Zuge und Drucke die Faser sich stärker ausdehnt, als comprimirt. Diese Messungen sind indessen an sich schon sehr unsicher, und es wurde dabei auch die Gränze der eigentlichen Elasticität weit überschritten.

Unter der vorläufigen Annahme, daſs der Wider-

stand gegen Verlängerung und Verkürzung gleich ist, berechnete ich aus den beobachteten Ausweichungen der Stäbe ihren *Elasticitäts-Modulus*, d. i. dasjenige Gewicht, welches unter Voraussetzung einer unveränderten Elasticität einen Stab von 1 Quadratzoll Querschnitt auf seine doppelte Länge ausziehen würde. Für gesundes, ganz geradfaseriges und stark harziges Kiefernholz fand ich durch Beobachtung der Biegung an zwei Stäben den Elasticitäts-Modulus gleich 2025000 und 2088000 Pfund. Der directe Versuch über die Ausdehnung eines andern sehr dünnen Stabes, der mit jenen beiden aus derselben Bohle geschnitten war, ergab diesen Elasticitäts-Modulus gleich 2035000 Pfund, also sehr nahe übereinstimmend. Eben so ergaben zwei Stäbe desselben Holzes, die senkrecht gegen die Richtung der Fasern geschnitten waren, den Elasticitäts-Modulus aus der Biegung 39500 und aus der directen Messung der Ausdehnung 37600 Pfund. Mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Beobachtungsfehler hat sich also für die untersuchte Holzart die Richtigkeit der obigen Voraussetzung bestätigt. — Barlow hat aus seinen Beobachtungen über die Biegung des gewalzten Eisens in Verbindung mit den directen Messungen über die Verlängerung eben derselben Stangen unter starkem Zuge ein verschiedenes Resultat gefunden; wenn diese Beobachtungen indessen richtig berechnet werden, und man die stärksten Biegungen ausschliefst, so ergiebt sich auch hier ein gleicher Werth für den Elasticitäts-Modulus, und man darf daher wohl den Widerstand jeder Faser gegen Verlängerung und Verkürzung im Allgemeinen als gleich ansehn.

Aus meinen Beobachtungen folgen für verschiedene Holzarten die nachstehenden mittleren Werthe des Elasticitäts-Modulus, und derjenigen relativen Ausdehnung, wobei das Zerreifsen eintritt.

I. In der Längenrichtung der Holzfaser.

	Anzahl der Versuche.	Elasticitäts-Modulus.	Gränzen der Ausdehnung
1) Kiefer (*pinus sylvestris*)	9	1760000	0,0115
2) Fichte (*pinus abies*)	1	1945000	0,0107
3) Eiche	5	1537000	0,0139
4) Rothbuche	2	2168000	0,0118
5) Weifsbuche	2	2145000	0,0124

II. In der Richtung quer gegen die Holzfaser.

1) Kiefer	2	37000	0,0268
2) Fichte	1	23000	0,0303
3) Eiche	2	105000	0,0190
4) Rothbuche	2	97000	0,0500
5) Weifsbuche	1	94500	0,0250

Der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Bestimmung des Elasticitäts-Modulus stellt sich etwa auf $\frac{1}{6}$ seines Werthes; er wird aber sehr viel geringer und reducirt sich auf $\frac{1}{20}$, wenn die untersuchten Stäbe aus demselben Stücke geschnitten sind. Die Gränze der Ausdehnung ist nicht so sicher.

Wenn die Axe des Stabes einen gewissen Winkel (φ) mit der Holzfaser macht, so läfst sich der Elasticitäts-Modulus (e) aus demjenigen für die Längenrichtung der Faser (e') und demjenigen für die darauf senkrechte Richtung (e'') herleiten, nämlich:

$$e = \frac{e' . e''}{e' \sin \varphi^3 + e'' \cos \varphi^3}.$$

Mehrere Beobachtungen an Kiefern- und Eichenholz bestätigten die Richtigkeit der Formel.

Zwischen dem Splinte und Kernholz habe ich keine wesentliche Verschiedenheit gefunden. Der Elasticitäts-Modulus verminderte sich aber, sobald der Stab stark benetzt wurde, und zwar bei Kiefernholz in der Längenrichtung der Faser im Verhältnifs von 12 zu 11 und in der Querrichtung sogar im Verhältnifs von 8 zu 3.

XV.

XV. *Ueber die Reflexionen eines Lichtstrahls im Innern eines parabolischen Wasserfadens; von Hrn. Colladon.*

(*Comptes rendus, T. XV p.* 800.)

In meinen Vorlesungen habe ich oft gesucht, die verschiedenen Formen, welche ein Wasserstrahl beim Austritt aus verschiedenartigen Oeffnungen annimmt, allen meinen Zuhörern sichtbar zu machen. Um dahin zu gelangen, wurde ich veranlafst einen solchen im Dunklen befindlichen Strahl von Innen aus zu beleuchten. Ich fand diese Vorrichtung für meinen Zweck sehr geeignet; sie gestattet einen der schönsten und sonderbarsten Versuche, die man in optischen Vorlesungen anstellen kann.

Der zu diesen Versuchen angewandte Apparat besteht aus einem parallelepipedischen Gefäfs von einem Meter Höhe. In einer seiner Seiten, etwas über dem Boden, befindet sich eine Oeffnung, auf welche sich verschiedene Blendungen (Diaphragmen) schrauben lassen, um die Dicke des Wasserstrahls abzuändern. Dieser Strahl entweicht in horizontaler Richtung aus dem Gefäfse. Um ihn von Innen zu beleuchten, hat die gegenüberstehende Wand in derselben Richtung ein Loch, verschlossen durch eine convexe Linse, und aufserhalb des Gefäfses fortgesetzt durch ein horizontales, inwendig geschwärztes Rohr, um zu verhindern, dafs in den zu beleuchtenden Wasserstrahl keine Lichtstrahlen schief einfallen. Hierauf bringt man den Apparat in ein dunkles Zimmer, macht in einem der Fensterläden dieses Zimmers ein Loch, setzt darin ein geschwärztes Rohr ein, und schickt, parallel mit der Axe desselben, mittelst eines Spiegels, ein Lichtbündel hindurch.

Das Lichtbündel, durch die Linse und das Wasser

gehend, gelangt condensirt zur Oeffnung, durch welche der Wasserstrahl entweicht; einmal in diesen Strahl eingetreten, trifft es dessen Oberfläche unter einem so kleinen Winkel, dafs es total reflectirt wird; dasselbe wiederholt sich an jedem neuen Einfallspunkt, und so folgt das Licht diesem Strahle in allen seinen Krümmungen, wie einem Kanal.

Ist das Wasser vollkommen klar und die Oeffnung der Blendung recht glatt, so ist der Wasserstrahl kaum sichtbar, wenn auch in seinem Innern ein sehr starkes Licht entlang geht. Ueberall aber wo dieser Strahl einen festen Körper trifft und von ihm unterbrochen wird, entweicht das von ihm eingeschlossene Licht, so dafs die Berührungspunkte leuchtend erscheinen. Fängt man z. B. den Strahl in einer horizontal hingestellten Schale auf, so wird der Boden derselben erleuchtet von dem Licht, welches dem Strahle entlang aus dem Gefäfse getreten ist.

Fällt der Wasserstrahl von einer grofsen Höhe oder beträgt sein Durchmesser nur einige Millimeter, so löst er sich nach unten hin in einzelne Tropfen auf. Nur hier ist dann die Flüssigkeit erleuchtet, und jeder Unterbrechungspunkt sendet ein lebhaftes Licht aus. Fällt ein zusammenhängender Wasserstrahl auf eine Fläche, die einer Schwingungsbewegung fähig ist, so theilt sich diese dem Strahle mit, und derselbe bricht sich schon in grofser Höhe über der schwingenden Fläche. Dieser Versuch von Savart, so wie mehre von denen, welche derselbe in den *Annales de chimie et de physique* beschrieben hat, sind nach dieser neuen Methode leicht zu wiederholen und zu beobachten. Man begreift übrigens, dafs es mittelst eines Reflectors leicht ist, einen Strahl von jeglicher Richtung zu beleuchten. Die einzige wesentliche Vorsichtsmafsregel besteht darin, das anzuwendende Wasser von der Temperatur des Zimmers zu nehmen, damit die Aufsenseite der Linse nicht beschlage.

Zu den Versuchen, welche bezwecken, den Strahl nahe an der Oeffnung sichtbar zu machen, um die Zusammenziehung desselben zu studiren, ist es unumgänglich, das Wasser zu trüben (*louchir*), sey es mittelst Lösungen oder zarter Pulver; das Licht wird dann beim Austritt aus dem Gefäfs zerstreut und der Wasserstrahl an seinem oberen Theile leuchtend.

Eine Thatsache, die man mit diesem Apparat oft beobachten kann, ist die, dafs kleine Schläge, die man dem Gefäfse nahe der Oeffnung mit einem harten Körper giebt, den Wasserstrahl in der Ebene der Oeffnung brechen und daselbst wahrhafte Risse erzeugen, die man wegen ihres hohen Glanzes leicht wahrnimmt.

Hr. Plateau hat in der Brüsseler Academie am 4. Juni 1842 eine Notiz gelesen über die Biegung des Lichts, welches schief auf eine hohle Metallfläche trifft; die so eben von mir aufgezählten Versuche sind einige Monate älter als diese Notiz. Seit dem October 1841 besitzt das *Cabinet du Conservatoire des Arts et des Métiers* zu Paris einen meiner Apparate, den Hr. Bourbouze auf Bestellung des Hrn. Pouillet angefertigt hat. Zur selben Zeit hat man einen für die öffentlichen Vorlesungen in London ausgeführt, und alle oben erwähnten Resultate wurden in den Vorlesungen über Physik und Mechanik zu Genf im Juni 1841 wiederholt.

XVI. *Ueber den Durchgang des Lichts durch krumme Kanäle; von Hrn.* Babinet.

(*Compt. rend. T. XV p* 802)

Bei Gelegenheit einer Mittheilung des Hrn. Colladon erwähnte Hr. Arago eines Versuchs, welchen ich in meinen Vorlesungen am *Collége de France* und in der *Société*

philomatique angestellt habe, und der darin besteht, dafs Wasser in einem dünnen zusammenhängenden Faden aus einer Caraffe in eine Porcellanschale oder auf ein Blatt Papier gegossen, und dabei in der Höhe des Bodens der Caraffe eine angezündete Kerze gehalten wird. Das Licht der Kerze folgt, vermöge totaler Reflexionen, dem Wasserfaden, und wird sichtbar, wenn dieser sich auf der Schale oder dem Papiere bricht. Diese Methode, eine Beleuchtung in einer krummlinigen Richtung fortzuführen, gelingt sehr gut mit einem irgendwie gekrümmten Glasstab, und ich hatte sie in der philomatischen Gesellschaft, bei Gelegenheit einer Mittheilung des Hrn. Cagniard-Latour über die Bewegung der Stimmritze, als geeignet zur inneren Beleuchtung des Mundes angegeben. Im *Collége de France* hatte ich sie vorgeschlagen zur Beleuchtung der Mikrometerfäden in Fernröhren und Mikroskopen. Endlich habe ich noch bemerkt, dafs halb-kreisförmige (*semi-circulaires*) Massen von Kronglas aus St. Gobin, die zu den stufenweisen Linsenreihen (*lentilles à échelons*) auf Leuchtthürmen bestimmt sind, und mehr als ein Meter Länge haben, von einem Ende zum andern ein sehr schönes grünes Licht durchlassen. Die Beschaffenheit des so durchgelassenen Lichts scheint ganz analog dem mehrer Phosphorescenzphänomene, und da das durch gerade oder gekrümmte Glasstäbe gegangene Licht ganz nach Belieben abgestuft werden kann, so glaube ich, diefs sey das beste Vergleichungsmittel für diese schwachen Scheine, die in Farbe und Helligkeit so schwierig mit andern Lichtern verglichen werden können.

XVII. *Apparat zur Nachweisung der Abhängigkeit der Pendelschwingungen von der bewegenden Kraft; von Holtzmann.*

Bei der Lehre vom Pendel wird gewöhnlich der Isochronismus der Schwingungen, wie der Einfluſs der Länge des Pendels auf die Schwingungsdauer den Zuhörern durch Versuche vor Augen geführt, und so der theoretischen Ableitung der Pendelgesetze mehr Halt im Gedächtnisse gegeben. Ein weiteres Gesetz, welches die Abhängigkeit der Schwingungsdauer von der Gröſse der bewegenden Kraft betrifft, wird, meines Wissens, in der Regel nicht durch das Experiment vergegenwärtigt, und doch ist es gerade dieses, welches am häufigsten angewendet wird: so bei der Erforschung der Schwerkraft an verschiedenen Orten der Erde, so bei der Untersuchung der magnetischen und der elektrischen Kräfte. Dieſs hat mich veranlaſst, einen Apparat herstellen zu lassen, der geeignet ist, dieses Gesetz, also den Satz nachzuweisen: »die Anzahl der Schwingungen desselben Pendels in derselben Zeit ist der Quadratwurzel der das Pendel bewegenden Kraft proportional«, wobei vorausgesetzt ist, daſs diese Kraft stets dieselbe Richtung habe.

Ich nahm hierzu ein Pendel *ac* (Fig. 11 Taf. I), das seinen Drehpunkt *b* in der Mitte zwischen zwei Zapfen *a* und *c* hat, auf welche Gewichte aufgeschoben werden können. Wird dieses Pendel aus seiner Gleichgewichtslage in die Lage *de* gebracht, so muſs das von *d* nach *c* herabsinkende Gewicht das in *e* angebrachte von *e* nach *a* erheben, während das Aufsteigen von *c* nach *g* durch das Herabsinken des oberen Gewichtes von *a* nach *f* erleichtert wird. Die bewegende Kraft ist also hier immer die Differenz der beiden in *c* und *a* angebrach-

ten Gewichte. Wird nun ein Theil des Gewichtes von *c* nach *a* gebracht, so ist die bewegte Masse noch immer dieselbe, auch die Entfernung derselben vom Drehpunkte die frühere, aber die bewegende Kraft eine andere; und die Schwingungsdauer wird, dem angeführten Gesetze gemäfs, abgeändert erscheinen.

Der Apparat, wie ich ihn vom Mechanikus Desaga in Heidelberg ausführen liefs, besteht in einer Stahlstange *ac*, die in *b* eine Schneide, und in *a* und *c* cylindrische Zapfen hat, dann aus fünf scheibenförmigen Gewichten von Messing, die auf die Zapfen in *a* und *c* aufgesteckt werden können. Sie sind bei meinem Apparate:

			Summe.
I.	0,18	Kilogrm.	
II.	0,14	-	0,32
III.	0,10	-	0,42
VI.	0,06	-	0,48
V.	0,52	-	1,00

Die Länge des Pendels von *a* bis *b* ist 0,1463 Meter. Sind nun alle Gewichte unten in *a* angebracht, so ist die bewegende Kraft 1 Kilogrm., und das Pendel macht in 1 Minute 150 Schwingungen.

Ist das Gewicht I von unten nach oben gebracht, so ist die bewegende Kraft $1-2.0{,}18=0{,}64$ Kilogrm.; das Pendel macht 120 Schwingungen in 1 Minute. Und eben so findet man bei

		die bewegende Kraft. Kilogrm.	Schwingungszahl.
I und II	oben,	$=1-2.0{,}32=0{,}36$	90
I+II+III	-	$=1-2.0{,}42=0{,}16$	60
I+II+III+IV	-	$=1-2.0{,}48=0{,}04$	30

Die Schwingungszahlen

150 , 120 , 90 , 60 , 30

verhalten sich aber wie

$$\sqrt{1} : \sqrt{0,64} : \sqrt{0,36} : \sqrt{0,16} : \sqrt{0,04},$$

nämlich wie

$$1 : 0,8 : 0,6 : 0,4 : 0,2,$$

d. h. wie

$$5 : 4 : 3 : 2 : 1.$$

Der in Frage stehende Satz ist somit experimentell hergestellt.

Für Vorlesungen wird es nun passender seyn das Gewicht I oben zu befestigen, und II und III in ein Gewicht zusammen zu nehmen; man hat dann die bewegenden Kräfte:

64 , 16 und 4,

und die Schwingungszahlen:

120 , 60 . 40,

die sich leicht durch Vergleichung mit einem Secundenpendel erkennen lassen, ohne dafs man genöthigt wäre, lange zu zählen.

Der Apparat, wie er ausgeführt ist, ist in der Fig. 10 Taf. I im Drittel der wahren Gröfse abgebildet.

Mannheim, im September 1842.

XVIII. *Untersuchungen über die Zersetzungsproducte der Schwefelblausäure und Ueberschwefelblausäure; von Dr. C. Voelckel,*

Prof. der Chemie und Physik an der höheren Lehranstalt zu Solothurn.

Zweite Abhandlung [1]).

Verhalten der wasserhaltigen Schwefelblausäure für sich in höherer Temperatur.

Es ist eine bekannte Thatsache, dafs man durch Destillation von Schwefelcyankalium mit verdünnten Säuren

1) Die erste Abhandlung hierüber findet sich in den Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. XXXXIII S. 74.

keine reine Schwefelblausäure erhält. Vogel giebt zwar an, bei Anwendung von Phosphorsäure reine Schwefelblausäure erhalten zu haben. Diese Angabe hat sich aber nach Versuchen, die ich schon vor längerer Zeit angestellt habe, so wie nach den Versuchen von Meitzendorff in Berlin, nicht bestätigt.

Die Schwefelblausäure erleidet nämlich beim Erhitzen für sich die nämlichen Zersetzungen, wie bei Gegenwart von Säure, nur in einem geringeren Grade. Ein Theil zerlegt sich unter Aufnahme der Bestandtheile von 2 At. Wasser in Kohlensäure, Schwefelkohlenstoff und Ammoniak:

$$C_2 N_2 H_2 S_2 + H_4 O_2 = CO_2 + CS_2 + N_2 H_6.$$

Ein anderer Theil, indem er sich mit den Elementen von 4 At. Wasser verbindet, in Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und Ammoniak.

$$C_2 N_2 H_2 S_2 + H_8 O_4 = C_2 O_4 + S_2 H_4 + N_2 H_6,$$

während ein dritter Theil mit Wasser, aber in einem gröfseren Verhältnifs, als die ursprüngliche Säure enthielt, da die Schwefelblausäure weniger flüchtig als das Wasser ist, unverändert überdestillirt. Die zurückbleibende Schwefelblausäure wird dadurch immer concentrirter, bis sie sich bei einem gewissen Grade der Concentration in Ueberschwefelblausäure und Blausäure umsetzt. Je verdünnter nun die ursprüngliche Schwefelblausäure war, desto später und in desto geringerer Menge findet letztere Umsetzung statt. Wendet man daher bei der Darstellung der Schwefelblausäure eine verdünnte Auflösung von Schwefelcyankalium, so wie eine verdünnte Säure an, so sind die ersteren Portionen der destillirten Schwefelblausäure nur mit Schwefelwasserstoff und Schwefelkohlenstoff verunreinigt, während die letzteren, aufser diesen, noch Blausäure enthalten.

In meiner ersten Abhandlung habe ich gezeigt, dafs diese Zersetzungen der Schwefelblausäure in Kohlensäure, Schwefelkohlenstoff und Ammoniak, und Kohlensäure,

Schwefelwasserstoff und Ammoniak, sehr leicht stattfinden, wenn man die Schwefelblausäure mit verdünnten Säuren erhitzt. Es scheint nun, daſs beim Erhitzen der Schwefelblausäure für sich ein Theil derselben gegen einen andern die Rolle der fremden Säure übernimmt. Wir finden diese Zersetzung beim Kochen mit Wasser noch bei verschiedenen Säuren, die unter dem Einfluſs einer anderen leicht zersetzt werden, z. B. bei der Mekonsäure. Diese Zersetzungen können aber, wie dieſs wirklich stattfindet, beim Kochen einer solchen Säure für sich nicht so vollständig seyn, wie bei Gegenwart noch einer zweiten.

Ueber die rationelle Zusammensetzung der Schwefelblausäure und Ueberschwefelblausäure.

In meiner ersten Abhandlung suchte ich zu zeigen, daſs man diese beiden Säuren nach ihrem ganzen Verhalten, sowohl für sich als in ihren Verbindungen, als Sulfosäuren und nicht als Wasserstoffsäuren besonderer Radicale betrachten müsse. Liebig, der mit dieser Ansicht nicht einverstanden ist, suchte in einigen Noten, die er meiner Abhandlung beigegeben hat, das Gegentheil zu beweisen. Ich will mich hier in keine weitläufigen Discussionen über die Theorie der Säuren im Allgemeinen einlassen, sondern mich speciell an die Schwefelblausäure und Ueberschwefelblausäure halten, und die Ansicht, welche ich über die rationelle Zusammensetzung dieser beiden Säuren aufgestellt habe, durch einige neue Thatsachen zu begründen suchen.

In der Frage, ob diese beiden Säuren als Sulfosäuren oder als Wasserstoffsäuren besonderer Radikale betrachtet werden müssen, war es von besonderer Wichtigkeit, das Verhalten ihrer Metallverbindungen gegen verdünnte Säuren und gegen Schwefelwasserstoff zu untersuchen. Aus den Erscheinungen, welche hierbei stattfinden, muſste es sich zeigen, welche von diesen beiden

Theorien gegenwärtig als die richtigere betrachtet werden müsse. Untersucht man in dieser Hinsicht das Verhalten der metallischen Schwefelverbindungen zu verdünnten Säuren, so findet man, dafs alle diejenigen, deren Schwefelmetalle in der Kälte durch dieselben nicht zersetzt werden, von diesen auch keine Veränderungen erleiden. Schwefelcyankupfer, Schwefelcyansilber, Schwefelcyanquecksilber werden durch verdünnte Säuren in der Kälte gar nicht angegriffen. Diese Verbindungen entstehen sogar aus sehr stark sauren Flüssigkeiten, während dagegen aus anderen, deren Schwefelverbindungen durch verdünnte Säuren zerlegt werden, Schwefelblausäure ausgetrieben wird.

Es ist gewifs eine auf den ersten Anblick sonderbar erscheinende Eigenschaft der Ueberschwefelblausäure, die sonst eine so schwache Säure ist, dafs sie aus ihren Verbindungen mit Alkalien schon durch Essigsäure abgeschieden wird, Metallsalze zu zersetzen, welche die stärksten Säuren enthalten, z. B. das schwefelsaure Kupferoxyd, und die Säuren daraus abzuscheiden. Betrachtet man die Metallverbindungen, welche auf diese Weise durch die Ueberschwefelblausäure zersetzt werden, so findet man, dafs es gerade wieder solche sind, welche auch durch freies Schwefelwasserstoff gefällt werden, z. B. Silber-, Blei-, Kupfer-, Quecksilbersalze etc., während dagegen andere, die durch freies Schwefelwasserstoff aus sauren Auflösungen nicht gefällt werden, auch von der Ueberschwefelblausäure nicht zersetzt werden, dafs aber diese letzteren aus alkalischen Lösungen durch Ueberschwefelblausäure gefällt werden, z. B. die Zinksalze, welcher letztere Niederschlag von Säuren wieder zerlegt wird.

Die gröfste Analogie mit diesem Verhalten zeigen die Körper, welche aus der Vereinigung des Cyans mit dem Schwefelwasserstoff entstehen, über deren rationelle Zusammensetzung auch nicht der geringste Zweifel ob-

walten kann, da sie aus der directen Verbindung dieser beiden Gase hervorgehen, und aufserdem die eine in die andere durch Aufnahme und Abgabe von Schwefelwasserstoff umgewandelt werden kann. Diese beiden Körper, der rothe sowohl als der gelbe, fällen auch nur solche Metallsalze, welche auch durch freies Schwefelwasserstoff zersetzt werden, und ihre Metallverbindungen verhalten sich gegen verdünnte Säuren, wie die der Schwefelblausäure und Ueberschwefelblausäure.

Nicht minder interessant nun ist das Verhalten der Schwefelcyanverbindungen gegen Schwefelwasserstoff.

Bekanntlich hat man einen Hauptgrund gegen die Annahme, dafs diese Säuren Sulfosäuren wären, in dem Umstand gesucht, weil ihre Metallverbindungen durch Schwefelwasserstoff zersetzt werden. Man nahm an, diefs könne nicht der Fall seyn, wenn das Metall darin schon als Schwefelmetall enthalten wäre, indem die bisher nur als Schwefelsalze betrachteten Verbindungen durch Schwefelwasserstoff nicht verändert werden. Ich zeigte nun, dafs diese Salze eine ganz verschiedene Constitution besitzen, dafs in den einen das in Wasser unlösliche Schwefelmetall als Säure, in den andern als Base enthalten ist. Zu den ersteren gehört die Verbindung von Schwefelarsenik mit Schwefelkalium, $As_2S_5 + KS$, zu den letzteren die Verbindung von Schwefeläthyl mit Schwefelblei, $AeS + PbS$. Nach der in meiner ersten Abhandlung aufgestellten Theorie konnten nur die Schwefelcyanverbindungen derjenigen Metalle, deren Schwefelverbindungen schwächere Schwefelbasen als das Schwefelwasserstoff sind, durch letzteres zerlegt werden, während dagegen andere, deren Schwefelverbindungen stärkere Schwefelbasen als das Schwefelwasserstoff sind, durch dieses keine Veränderung erleiden können.

Bei der Untersuchung hat es sich nun bestätigt, dafs die meisten Schwefelcyanverbindungen durch Schwefelwasserstoff entweder gar nicht, oder nur in geringer Menge

zerlegt werden, und daſs nur solche eine vollständige Zersetzung erleiden, deren Metalle sehr elektronegativ sind, Quecksilber, Silber, während dagegen andere, die mehr elektropositiv sind, nicht verändert werden, Kupfer, Blei.

Leitet man in Wasser, in welchem sich Schwefelcyanblei aufgeschlemmt befindet, Schwefelwasserstoff, so findet wohl eine Zersetzung statt, indem sich Schwefelblausäure und Schwefelblei bilden; die Menge Schwefelcyanblei jedoch, die auf diese Weise zerlegt wird, ist nur unbedeutend. Sobald eine geringe Menge Schwefelblausäure gebildet ist, hört alle fernere Zersetzung auf; filtrirt man diese sehr verdünnte Schwefelblausäure, welche noch stark nach Schwefelwasserstoff riecht, ab, und bringt man in dieselbe wieder Schwefelcyanblei, so wird dasselbe auch nicht im geringsten verändert, man mag in die Flüssigkeit noch so lange Schwefelwasserstoff leiten. Das Schwefelcyanblei bleibt mit vollkommen weiſser Farbe in dieser mit Schwefelwasserstoff gesättigten schwach sauren Flüssigkeit. Verdünnt man diese Flüssigkeit mit noch mehr Wasser, so findet noch keine Zersetzung statt; sättigt man aber diese verdünnte Flüssigkeit mit Schwefelwasserstoff, so findet man, daſs sich nach längerer Zeit wieder eine geringe Menge Schwefelblei abscheidet, bis sich die gebildete Schwefelblausäure mit dem noch vorhandenen Schwefelwasserstoff wieder in's Gleichgewicht gesetzt hat, dann hört die Zersetzung wieder auf.

Das Schwefelcyankupfer verhält sich auf dieselbe Weise gegen Schwefelwasserstoff. Es wird von letzterem noch weniger angegriffen als das Schwefelcyanblei. Die weiſse Farbe desselben geht bei der Behandlung mit Schwefelwasserstoff nur in eine bräunliche über.

Schwefelcyansilber und Schwefelcyanquecksilber dagegen werden durch Schwefelwasserstoff vollständig zerlegt.

Nach der Ansicht, dafs die Schwefelblausäure und Ueberschwefelblausäure Sulfosäuren sind, und dafs in ihren Salzen das Metall als Schwefelverbindung enthalten ist, erklärt sich das Verhalten der Schwefelcyanverbindungen gegen verdünnte Säuren und gegen Schwefelwasserstoff leicht. Es können nach dieser Theorie nur solche Schwefelcyanverbindungen durch verdünnte Säuren zerlegt werden, deren Schwefelmetalle in der Kälte durch dieselben zersetzt werden. Eben so können auch nur solche Schwefelcyanverbindungen durch Schwefelwasserstoff vollständig zerlegt werden, deren Schwefelverbindungen elektronegativer als das Schwefelwasserstoff sind. Schwefelblei, Schwefelkupfer, Schwefelwasserstoff, Schwefelquecksilber etc. sind nach dieser Ansicht Schwefelbasen. Die stärkere Base treibt die schwächere aus. Gleich wie wir nun sehr häufig bei den Sauerstoffverbindungen bemerken, dafs eine schwächere Base, wenn sie in grofser Menge vorhanden ist, aus einem neutralen Salze eine geringe Menge einer stärkeren Base austreiben kann, indem die erstere durch ihre Masse wirkt, so finden wir hier dasselbe bei den Schwefelverbindungen. Auf diesem Grunde beruht die geringe Zersetzung des Schwefelcyanblei's und Schwefelcyankupfers durch Schwefelwasserstoff.

Dieselbe Zersetzung, welche das Schwefelwasserstoff bei den Schwefelsalzen des Blei's hervorbricht, bewirkt das Wasser bei den Sauerstoffsalzen desselben. Kocht man eine Auflösung von essigsaurem Bleioxyd, die schwach sauer reagirt, längere Zeit, so wird sie so alkalisch, dafs sie ein stark geröthetes Lackmuspapier wieder bläut. Das Wasser treibt nämlich beim Auflösen des neutralen essigsauren Bleioxyds, durch die grofse Menge, in der es vorhanden ist, eine geringe Menge Bleioxyd aus. Dieses letztere scheidet sich aber als solches nicht ab, weil es sich mit einem andern Theil des neutralen Salzes zu einem basischen verbinden kann. Bei gewöhnlicher Temperatur schon, beim Kochen jedoch viel schneller, ver-

dunstet das essigsaure Wasser, daher bemerken wir sehr häufig, dafs eine längere Zeit aufbewahrte essigsaure Bleilösung alkalisch reagirt. Kommt nun eine solche alkalische Lösung mit Kohlensäure in Berührung, so bildet sich kohlensaures Bleioxyd, indem das basische Salz wieder durch die Kohlensäure zersetzt wird. Hierauf beruht die Zersetzung des essigsauren Bleioxyds durch die Kohlensäure, welche unter gewissen Verhältnissen stattfindet.

Gewifs bringt das Wasser noch bei vielen Metallsalzen eine ähnliche Zersetzung hervor; wir bemerken sie aber nicht, indem die Oxyde sich nicht als solche abscheiden, sondern mit einem andern Theil des neutralen Salzes basische Verbindungen eingehen, die sehr häufig in Wasser auflöslich sind. Vielleicht beruht die saure Reaction, die die meisten Metallsalze zeigen, auf einer solchen Zersetzung durch das Wasser.

Die Ueberschwefelcyanverbindungen dagegen, z. B. das Ueberschwefelcyanblei, werden durch Schwefelwasserstoff zwar schwierig, aber vollständig zersetzt. Es erklärt sich diefs sehr leicht, indem die Ueberschwefelblausäure in Wasser beinahe unlöslich ist, und daher die Einwirkung des Schwefelwasserstoffs nicht hindern kann. Der Grund der Zersetzung ist der nämliche, wie der des schwefelsauren Kalis durch Borsäure, bei einer Temperatur, wo die Schwefelsäure flüchtig ist.

Betrachtet man dagegen diese beiden Säuren als Wasserstoffsäuren besonderer Radikale, so ist man nicht im Stande eine Erklärung über das Verhalten dieser Verbindungen zu geben. Es läfst sich nach dieser Theorie nicht einsehen, warum eine so geringe Menge einer so schwachen Säure, wie die Schwefelblausäure ist, die Zersetzung des Schwefelcyanblei's und Schwefelcyankupfers durch Schwefelwasserstoff hindert, während doch eine so starke Säure, wie z. B. die Salpetersäure, die Zersetzung des salpetersauren Bleioxyds durch Schwefelwasserstoff nicht aufheben kann. Es giebt kaum einen schla-

genderen Beweis, dafs die Constitution dieser Salze, nämlich des Schwefelcyanblei's und des salpetersauren Bleioxyds eine ganz verschiedene seyn müsse, dafs darin das Metall nicht in demselben Zustand enthalten seyn kann; während sie nach der Theorie der Wasserstoffsäuren als gleich zusammengesetzt betrachtet werden, nämlich aus Metall und einem zusammengesetzten Radikal.

Wirft man nun noch einen Blick auf das ganze Verhalten der Schwefelblausäure und Ueberschwefelblausäure, betrachtet man alle Zersetzungserscheinungen, die dieselben darbieten, so geht fast mit Gewifsheit hervor, dafs die Ansicht, welche diese Säuren als Sulfosäuren betrachtet, die richtigere ist.

Ich will nun noch einige Einwürfe widerlegen, die Liebig dieser Theorie gemacht hat. In einer Note, Seite 102 Bd. XXXXIII, sagt Liebig: *Die Ansicht, dafs die Schwefelblausäure fertig gebildeten Schwefelwasserstoff enthält, erklärt durchaus nicht, wie es geschieht, dafs diese Säure mit 2 At. Wasser sich umsetzen kann in Schwefelkohlenstoff, Kohlensäure und Ammoniak.*

Wenn nun hiermit blofs gesagt werden soll, die Formel $C_2N_2S + H_2S$ erkläre nicht, warum die Schwefelblausäure im Stande sey, sich überhaupt oder gerade mit 2 At. Wasser in Schwefelkohlenstoff, Kohlensäure und Ammoniak zu zersetzen, so ist diefs ganz richtig, indem diefs keine Formel erklärt; denn liefsen sich aus der Formel eines Körpers schon a priori die Zersetzungsproducte, die er unter dem Einflufs eines andern erleidet, voraussehen, so wäre es nicht mehr nöthig, Untersuchungen anzustellen. Wenn aber damit behauptet werden soll, nur aus der Formel $C_2N_2S_2 + H_2$, und nicht aus der Formel $C_2N_2S + H_2S$ liefsen sich obige Zersetzungsproducte der Schwefelblausäure ableiten, so bedarf es blofs eines Blicks auf folgende Gleichungen:

$$C_2N_2S_2 . H_2 + H_4O_2 = CO_2 + CS_2 + N_2H_6$$

$$C_2N_2S . H_2S + H_4O_2 = CO_2 + CS_2 + N_2H_6$$

um sich zu überzeugen, dafs, was die Kohlensäure und

das Ammoniak betrifft, die Erklärung ihrer Bildung nach beiden Formeln dieselbe ist, und dafs nur die Entstehung des Schwefelkohlenstoffs in beiden etwas verschieden ist. Nach der ersten Ansicht verbindet sich der Schwefel des Radikals $C_2 N_2 S_2$ mit einem Theil des Kohlenstoffs zu Schwefelkohlenstoff; nach der zweiten Ansicht sowohl der Schwefel, der mit dem Radikal $C_2 N_2$ verbunden ist, als auch der des Schwefelwasserstoffs mit Kohlenstoff, zu Schwefelkohlenstoff. Wenn man nun nach der ersten Ansicht zugiebt, dafs der Stickstoff sich sowohl mit dem Wasserstoff, der mit dem Radikal verbunden ist, als auch mit dem des Wassers, zu Ammoniak vereinigen kann, so sollte man diese Eigenschaft dem Kohlenstoff, sich mit Schwefel, der in verschiedenen Verbindungen enthalten ist, zu 1 At. Schwefelkohlenstoff verbinden zu können, auch nicht absprechen. Uebrigens ist es nur nöthig die zweite Formel zu verdoppeln, wo dann die Zersetzungserscheinungen noch einfacher sich darstellen.

Seite 106 suchte ich zu zeigen, dafs man, indem das Kaliumsulfarseniat $As_2 S_5 + KS$ durch Schwefelwasserstoff nicht zerlegt wird, daraus folgern müsse, das Schwefelarsenik sey ein stärkeres Sulfid als das Schwefelwasserstoff. Liebig zog daraus einen andern Schlufs, nämlich den: das Schwefelarsenik werde aus dieser Verbindung deswegen nicht abgeschieden, weil das Kalium darin nicht vertreten werden könne durch Wasserstoff. Dieser Schlufs scheint mir nicht richtig zu seyn. Denn, wenn man annimmt, das Kalium würde durch Wasserstoff ersetzt, so müfste obige Formel in folgende übergehen: $As_2 S_5 + H_2 S$. Es müfste sich also eine Verbindung von Schwefelarsenik mit Schwefelwasserstoff, aber kein reines Schwefelarsenik bilden. Soll sich diefs letztere abscheiden, so mufs aus obiger Formel $As_2 S_5 + KS$ folgende entstehen: $H_2 S + KS$. Es müfste also das Schwefelarsenik durch Schwefelwasserstoff ersetzt werden. Da diefs nun nicht geschieht, so mufs auch mein

Schlufs,

Schlufs, das Schwefelarsenik sey ein stärkeres Sulfid als der Schwefelwasserstoff, richtig seyn.

Verhalten des Cyanoxysulfids zu Alkalien.

Für den durch Einwirkung von Chlor auf Schwefelcyankalium bei Gegenwart von Wasser erhaltenen gelben Körper, den ich einstweilen Cyanoxysulfid nennen will, stellte ich die Formel $C_8 N_8 H_4 O S_8$ auf, ohne damit weitere theoretische Betrachtungen über die rationelle Zusammensetzung desselben zu verknüpfen. Liebig denkt sich denselben auf folgende Weise gruppirt:

3 At. Schwefelcyan	$C_6 N_6 \quad S_6$
1 At. Schwefelblausäure	$C_2 N_2 H_2 \quad S_2$
1 At. Wasser	$H_2 O$
	$C_8 N_8 H_4 O S_8$.

Die Bildung dieser Substanz würde sich dann dadurch erklären lassen, dafs von 4 At. Schwefelblausäure 3 At. ihren ganzen Wasserstoff an das Chlor abtreten, wodurch das Radikal $C_2 N_2 S_2$ abgeschieden würde, während das vierte Atom Schwefelblausäure sich unverändert mit 1 At. Wasser verbände. Allein es bleibt schwierig zu erklären, warum von 4 At. Schwefelblausäure nur 3 At. ihren Wasserstoff verlieren, und warum diefs vierte Atom sich mit 1 At. Wasser verbinden und einen festen Körper darstellen soll, da wir doch gar keine bestimmte chemische Verbindung der Schwefelblausäure mit Wasser kennen. Um über die rationelle Zusammensetzung eines Körpers eine Ansicht aufstellen zu können, bleibt uns nur ein Weg übrig, nämlich das Verhalten dieses Körpers zu andern, und die daraus hervorgehenden Zersetzungsproducte zu studiren. Aus diesem Grund gab ich in meiner Abhandlung nur die rohe Formel, obgleich sich mir auch verschiedene Ansichten über die rationelle Zusammensetzung des Cyanoxysulfids darboten. Aus dem

Verhalten des Cyanoxysulfids besonders gegen Kali geht nun hervor, dafs obige Ansicht nicht die richtige seyn kann.

In meiner ersten Abhandlung habe ich bereits angegeben, dafs das Cyanoxysulfid, wenn man es in der Kälte mit einer concentrirten Kalilösung zusammenreibt, und dann eine grofse Menge Wasser hinzufügt, sich vollständig auflöst. Wollte man nun annehmen, dasselbe sey auf obige Weise gruppirt, und das darin supponirte Schwefelcyan $C_2 N_2 S_2$ sey ein Radikal, so wäre es doch sehr wahrscheinlich, dafs sich beim Auflösen des Cyanoxysulfids in Kali, Schwefelcyankalium bilden müsse, gleich wie Cyankalium entsteht, wenn man Cyan und Kali mit einander in Berührung bringt. Man findet aber keine Spur einer Schwefelcyanverbindung weder in der alkalischen Flüssigkeit, noch in der durch Zersetzung derselben mit Salzsäure erhaltenen sauren, wobei bekanntlich das Cyanoxysulfid wieder unverändert abgeschieden wird. Kocht man aber diese alkalische Lösung einige Zeit, so findet eine Zersetzung statt; es bildet sich Schwefelcyankalium, Schwefelkalium, und ein anderer gelber Körper, der von Parnell den Namen Thiocyanwasserstoffsäure erhalten hat. Diese letztere Substanz enthält auf gleiche Atome Kohlenstoff mehr Schwefelatome als die Schwefelblausäure. Betrachtet man nun das Cyanoxysulfid auf obige Weise aus Schwefelcyan, Schwefelblausäure und Wasser zusammengesetzt, so läfst sich die Bildung der Thiocyanwasserstoffsäure, so wie die des Schwefelkaliums, nicht erklären; denn wir wissen, dafs eine Schwefelcyanverbindung, z. B. Schwefelcyankalium, durch Behandlung mit Kali keine höhere Schwefelungsstufe des Cyans hervorbringen kann, da im Gegentheil die Ueberschwefelblausäure mit einem Alkali in Schwefel und eine Schwefelcyanverbindung zerfällt.

Gehen wir aus von diesen Thatsachen, nämlich: dafs beim Behandeln des Cyanoxysulfids mit Kali Schwefel-

kalium und eine höhere Schwefelungsstufe des Cyans entsteht, und daſs sich aus einer Schwefelcyanverbindung mittelst Kali keine höhere Schweflungsstufe des Cyans bilden kann, so müssen wir annehmen, daſs in dem Cyanoxysulfid schon eine höhere Schweflungsstufe enthalten und ein Theil Cyan mit Sauerstoff statt Schwefel verbunden ist, so daſs die rationelle Zusammensetzung desselben, da es sich wie eine Säure verhält, indem es mit den Basen ohne Zersetzung Verbindungen eingehen kann, folgende ist: $C_8 N_8 S_6 O + H_4 S_2$. Wir können nun annehmen, dasselbe sey eine einfache, oder eine gemengte Substanz, was ganz gleichgültig ist, indem sich mit Gewiſsheit darüber nichts entscheiden läſst, da dasselbe in allen Lösungsmitteln unlöslich ist. Nehmen wir an, dasselbe sey eine gemengte Substanz, so könnten wir es auf folgende Weise gruppirt denken:

$$C_4 N_4 H_2 S_5 = C_4 N_4 S_4 + H_2 S = 2(C_2 N_2 S_2) + H_2 S$$

und:

$$C_4 N_4 H_2 S_3 O = C_4 N_4 S_2 O + H_2 S.$$

Das Cyanoxysulfid ist dann auf die Weise aus der Schwefelblausäure entstanden, daſs in 4 At. derselben die Hälfte des darin enthaltenen Schwefelwasserstoffs durch das Chlor in der Art zersetzt wurde, daſs sich Salzsäure bildete, und der dadurch abgeschiedene Schwefel sich noch mit dem Radikal verband, wodurch auf ähnliche Weise, wie aus einem Sulfhydrat durch Entziehung des Wasserstoffs eine höhere Schweflungsstufe entsteht, sich hier eine höhere Schweflungsstufe des Cyans bilden muſste. Zugleich wirkte das Chlor auch noch zersetzend auf das Wasser, und der dabei freigewordene Sauerstoff verband sich nebst dem Schwefel mit dem Radikal.

4 At.	Schwefelblausäure	$C_8 N_8 S_4 + H_4 S_2 + H_4 S_2$
— 4 At.	Wasserstoff	$- H_4$
+ 1 At.	Sauerstoff	$+ O$
1 At.	Cyanoxysulfid	$= C_8 N_8 S_6 O + H_4 S_2$.

Betrachten wir das Cyanoxysulfid auf diese Weise zusammengesetzt, indem wir darin eine höhere Schweflungsstufe des Cyans annehmen, so ist es nun leicht die Bildung von Schwefelkalium und Schwefelcyankalium aus der zersetzenden Einwirkung des Kalis auf diese höhere Schweflungsstufe des Cyans zu erklären. Es mufs sich hierbei zugleich noch unterschwefligsaures Kali bilden, wie diefs bereits auch Parnell gefunden hat.

Was die Thiocyanwasserstoffsäure betrifft, so ist diese nur ein intermediäres Zersetzungsproduct, und scheint keine einfache Substanz zu seyn. Bei jeder Darstellung, selbst aus einem und demselben Material, erhält man eine Substanz, die nicht ganz mit einer andern auf dieselbe Weise dargestellten weder in ihren physikalischen Eigenschaften, noch in ihrer chemischen Zusammensetzung übereinstimmt. Eine solche Substanz, die, nach der Angabe von Parnell, durch längeres Kochen des Cyanoxysulfids mit verdünnter Kalilauge bereitet worden war, besafs zwar im Allgemeinen die Eigenschaften, wie sie Parnell angiebt; sie war jedoch viel schwieriger in Alkohol auflöslich, als es nach Parnell der Fall ist; sie brauchte wenigstens 500 Theile kochenden Alkohols. Es zeigte sich hierbei, dafs, wenn eine solche Substanz wiederholt mit Alkohol ausgezogen wurde, die ersteren Portionen des Alkohols viel intensiver gelb gefärbt waren, als die letzteren. Es blieb selbst nach mehrmaligem Auskochen mit Alkohol ein Rückstand, der aber nicht schwarz, wie Parnell angiebt, sondern geblichweifs gefärbt war. Kocht man die durch Abdestilliren des Alkohols erhaltene Thiocyanwasserstoffsäure neuerdings mit Kali, so findet wieder eine Zersetzung unter Bildung von Schwefel-

cyankalium statt. Man erhält daher auch bei der Darstellung dieser sogenannten Thiocyanwasserstoffsäure eine im Vergleich zur Quantität angewandten Cyanoxysulfids nur geringe Menge.

Bei der Analyse dieser Substanz erhielt ich folgende Resultate, welche ich, so wie die von Parnell erhaltenen, hier anführen will:

0,372 Grm. gaben 0,227 Grm. Kohlensäure und 0,60 Grm. Wasser.

0,185 Grm. mit chlorsaurem Kali und kohlensaurem Natron geglüht, gaben 0,798 Grm. schwefelsauren Baryt = 58,76 Proc. Schwefel.

Diefs giebt:

	Voelckel.	Parnell.
Kohlenstoff	16,77	17,59
Stickstoff	19,71	20,37
Wasserstoff	1,78	1,76
Schwefel	58,76	55,16
Sauerstoff	2,98	5,12
	100,00	100,00.

Verhalten des Cyanoxysulfids zu Chlor.

In einer Note zu der Abhandlung von Parnell (Annalen der Chemie und Pharm., Bd. XXXIX S. 212) führt Liebig an, dafs das Cyanoxysulfid bei gelindem Erwärmen in trocknem Chlorgas den gröfsten Theil seines Wasserstoffs verliere, und dann beim Erhitzen nur Spuren von Schwefelblausäure liefere. Diese Angabe ist aber nur zum Theil richtig. Die Ursache nämlich, warum dieser so behandelte Körper beim Erhitzen keine Schwefelblausäure liefert, ist die, dafs er keinen Schwefel mehr enthält, wohl aber noch Wasserstoff. Unterwirft man nämlich das Cyanoxysulfid der Einwirkung von Chlor, so findet bei gewöhnlicher Temperatur keine Veränderung statt, bei ungefähr 100° C. jedoch nimmt die Zersetzung ihren Anfang, aber sie ist selbst bei 200° nicht

vollständig, es entweicht bei dieser Temperatur Chlorschwefel nebst Salzsäure. Um aber allen Schwefel auszutreiben, muſs man noch stärker erhitzen, wobei dann auſser Chlorschwefel und Salzsäure sich noch Chlorcyan bildet, während im Rückstande eine gelbe Substanz bleibt, die beim Glühen unter Entwicklung von Cyan vollständig verschwindet. Dieser zurückbleibende Körper ist daher Mellon; dieses enthält aber, wie wir weiter unten sehen werden, immer Wasserstoff. Die Einwirkung, welche das Chlor auf das Cyanoxysulfid ausübt, ist daher die, daſs es demselben allen Schwefel, so wie einen Theil Wasserstoff entzieht, während ein Körper zurückbleibt, der aus Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht.

Verhalten der Ueberschwefelblausäure in höherer Temperatur.

In meiner Abhandlung gab ich an, daſs die Ueberschwefelblausäure bei 150° C. anfängt zersetzt zu werden, daſs aber selbst bei 200° die Zersetzung nur unvollständig ist, und daſs man bei dieser, so wie bei höherer Temperatur als Zersetzungsproducte Schwefelblausäure, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff, Schwefel und einen graugelben Körper erhält, der bei noch höherer Temperatur unter Entwicklung von Cyan vollständig zerlegt wird. In einer Note führt Liebig an, dieselbe zerlege sich schon bei 150° vollständig, und zwar bloſs in Schwefelkohlenstoff, Schwefel und den graugelben Körper (nach Liebig Mellonwasserstoffsäure).

Ich habe meine Versuche mit derselben Ueberschwefelblausäure, wovon ich einen Theil Hrn. Prof. Liebig gegeben habe, wiederholt, und meine früheren Angaben bestätigt gefunden. Selbst längere Zeit einer Temperatur von 200° ausgesetzt, ist die Zersetzung der Ueberschwefelblausäure nur gering. Erst bei einer Temperatur, die nahe an 300° liegt, ist die Zersetzung vollstän-

diger, aber selbst bei dem Siedpunkte des Schwefels ist die Zersetzung noch nicht vollständig, denn erhitzt man dieselbe noch stärker, so entweichen noch geringe Mengen Schwefelblausäure und Schwefel.

Der hierbei zurückbleibende graugelbe Körper hat nun, wie wir weiter unten sehen werden, weder die Zusammensetzung des Mellons $C_6 N_8$, noch die der Mellonwasserstoffsäure $C_6 N_8 H_2$.

Mellon.

Diese Substanz, welche von Liebig entdeckt wurde, und, nach ihm, die Zusammensetzung $C_6 N_8$ besitzt, kann bekanntlich auf verschiedene Weise erhalten werden, z. B. durch Erhitzen des Cyanoxysulfids, durch Schmelzen von Schwefelcyankalium in trocknem Chlorgas etc. Aber der auf diese verschiedenen Weisen dargestellte Körper zeigt grofse Verschiedenheiten sowohl in seinen physikalischen als chemischen Eigenschaften. Die Farbe desselben wechselt vom Grauen durch das Gelbe in's Braune. Noch gröfsere Differenzen zeigt er aber in seiner chemischen Zusammensetzung. Während man annahm, er bestehe blofs aus Kohlenstoff und Stickstoff, enthält er immer Wasserstoff und manchmal auch noch Sauerstoff. Selbst aus einem und demselben Material erhalten, zeigt dieser Körper bei der Analyse Differenzen, die, was den Kohlenstoff betrifft, oft 6 Proc. betragen. Ungeachtet der vielen Zeit und Mühe, die ich schon auf die Untersuchung dieser auf verschiedene Weise erhaltenen Substanzen verwandt habe, bin ich jetzt noch nicht im Stande etwas bestimmtes über die rationelle Zusammensetzung derselben zu sagen. Die gröfste Schwierigkeit bei ihrer Untersuchung besteht darin, sie frei von Schwefel darzustellen. Selbst wenn man nur so viel frei davon erhalten will, als zu einer Analyse nöthig ist, mufs man diese Substanzen beinahe eine Stunde lang einer schwachen Glühhitze aussetzen; hierbei verliert man indessen wie-

der die gröfste Menge des Materials. Je nachdem nun die Temperatur bei dieser Operation etwas höher oder niedriger war, zeigen diese so erhaltenen Substanzen eine grofse Verschiedenheit in der Zusammensetzung. Um einen Begriff davon zu geben, will ich hier die Resultate einiger Analysen anführen:

I. 0,382 Grm. durch Erhitzen des gelben, aus Schwefelcyankalium mittelst Salpetersäure erhaltenen Körpers dargestellt, gaben 0,437 Grm. Kohlensäure und 0,049 Grm. Wasser.

II. 0,342 Grm. von einer andern Darstellung aus demselben Material gaben 0,450 Grm. Kohlensäure und 0,054 Grm. Wasser.

III. 0,214 Grm. von einer dritten Darstellung gaben 0,296 Grm. Kohlensäure und 0,037 Grm. Wasser.

IV. 0,294 Grm. durch Schmelzen von Schwefelcyankalium in trocknem Chlorgas [1]) erhalten, gaben 0,344 Grm. Kohlensäure und 0,054 Grm. Wasser.

V. 0,356 Grm. durch Erhitzen der Ueberschwefelblausäure erhalten, gaben 0,473 Grm. Kohlensäure und 0,057 Grm. Wasser.

VI. 0,440 Grm. durch Erhitzen des Schwefelcyanquecksilbers dargestellt, lieferten 0,520 Grm. Kohlensäure und 0,075 Grm. Wasser.

1) Hier mufs ich einen Irrthum berichtigen, in den ich in meiner ersten Abhandlung verfallen war. Um nämlich das verschiedene Verhalten der Schwefelcyanverbindungen zum Chlor zu erklären, nahm ich an, bei Liebig's Versuchen über das Schwefelcyankalium habe das Chlor noch geringe Menge von Salzsäure enthalten. Diefs war nicht richtig. Selbst bei reinem Chlorgas erhält man beim Schwefelcyankalium in geringer Menge ein gelbrothes Product in dem Halse der Retorte, so wie im Rückstande neben Chlorkalium eine, dem Volumen nach grofse, dem Gewichte nach kleine Menge Mellon. Die Ursache, warum diese beiden Substanzen sich beim Schwefelcyankalium bilden, ist die, dafs dasselbe, so wie die meisten Schwefelcyanverbindungen, selbst nach längerem Schmelzen noch eine kleine Menge Wasser zurückhält.

VII. 0,217 Grm. einer andern Portion auf dieselbe Weise dargestellt, gaben 0,277 Grm. Kohlensäure und 0,041 Grm. Wasser.

Auf 100 Theile berechnet giebt diefs:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Kohlenstoff	31,63	36,01	37,02	32,17	36,52	32,49	35,07
Stickstoff							
Wasserstoff	1,42	1,75	1,91	2,03	1,77	1,89	2,09

Nach der Formel $C_6 N_8$ oder $C_6 N_8 H_2$ (Mellonwasserstoffsäure nach Liebig) müfste man folgende Zahlen erhalten:

$$C_6 = 39,12 \qquad C_6 = 38,71$$
$$N_8 = 60,88 \qquad N_8 = 60,23$$
$$\overline{100,00} \qquad H_2 = 1,06$$
$$\qquad \overline{100,00.}$$

Es bedarf blofs eines Blickes auf die gefundenen und berechneten Zahlen, um sich zu überzeugen, dafs das von Liebig angenommene Radikal $C_6 N_8$ auf die von ihm angegebenen Methoden nicht erhalten wird. Man könnte zwar einwenden, dasselbe sey doch darin, und zwar mit einem anderen Körper gemengt, enthalten. In einer späteren Abhandlung aber, welche die Zersetzungsproducte der Schwefelblausäure und Ueberschwefelblausäure bei verschiedenen Temperaturen umfafst, welche Arbeit leider durch Veränderung meines Wohnorts auf kurze Zeit unterbrochen wurde, werde ich zeigen, dafs die rationelle Zusammensetzung dieser Körper eine von der bisherigen Ansicht ganz verschiedene ist.

Man kann sich nun sehr leicht überzeugen, dafs die meisten der obigen Körper noch Sauerstoff enthalten, wenn man dieselbe in einer engen Glasröhre bei Ausschlufs der Luft bis zur völligen Zersetzung erhitzt; man bemerkt dann besonders gegen Ende der Operation, dafs sich in den vorderen kälteren Theilen eine mehr oder weniger bedeutende Menge Wassers ansammelt.

XIX. *Zerlegungen verschiedener Mineralien, im Laboratorio von H. Rose ausgeführt.*

1. Analyse eines Lithionglimmers aus Sibirien.

Die Untersuchung weniger Mineralien, die vielleicht der Fahlerze ausgenommen, ist so mühsam und mit so großen Schwierigkeiten verknüpft, wie die des Lithionglimmers oder des Lepidoliths. Er ist häufig untersucht worden, aber die verschiedenen Analysen des Lithionglimmers sind untereinander sehr abweichend, nicht allein, wenn sie den Lithionglimmer verschiedener, sondern auch ein und desselben Fundorts betreffen.

Bei keiner Untersuchung ist in einem Lithionglimmer Natron angegeben worden; Hr. Rosales hat dasselbe neben Lithion in einem Lepidolith aus Sibirien gefunden. Die Menge des Lithions, wie er sie bestimmt hat, ist weit geringer, als sie von allen Chemikern in den Lithionglimmern gefunden worden ist; höchst wahrscheinlich weil in dem von letzteren ausgeschiedenen Lithion die ganze Menge des im Glimmer befindlichen Natrons enthalten war. Dieser geringe Lithiongehalt ist um so auffallender, als der Glimmer die Farbe eines Kerzenlichts stark purpurroth färbt, wenn er in den Rand derselben gehalten wird. — Hr. Rosales hat ferner einen gröſseren Fluorgehalt gefunden, als er in andern Lithionglimmern angegeben ist. Neben dem Fluor fand er auch Chlor.

Der untersuchte Lithionglimmer ist von G. Rose aus Sibirien mitgebracht worden. Er findet sich dort bei dem Dorfe Juschakowa bei Mursinsk im Ural; und ist in der Reise von G. Rose, Bd. I S. 457, beschrieben, wo auch das Verhalten dieses Glimmers vor dem Löthrohre angegeben worden.

Hr. Rosales hat drei Analysen dieses Lithionglimmers angestellt. Bei der einen behandelte er denselben in einem sehr fein gespaltenen Zustande mit concentrirter Fluorwasserstoffsäure, um die Alkalien mit Genauigkeit bestimmen zu können. Zu den andern beiden Analysen wandte er kohlensaures Natron an, mit welchem der Glimmer geschmolzen wurde; die geschmolzene Masse wurde mit Wasser behandelt, um auf die bekannte Weise den Fluorgehalt bestimmen zu können. Bei der zweiten Analyse bediente er sich einer Auflösung von kohlensaurem Zinkoxyd in Ammoniak, um alle Kieselerde nach Berzelius Angabe aus der wäfsrigen Auflösung der geschmolzenen Masse auszuscheiden, bevor er sie mit einer Säure übersättigt, um darauf vermittelst eines Kalkerdesalzes und Ammoniak den Fluorgehalt als Fluorcalcium zu bestimmen. Bei der dritten Analyse wurde diese Vorsicht unterlassen, weshalb auch bei derselben der Gehalt an Kieselerde um 2 Proc. geringer ausfiel, als bei der zweiten Analyse.

Die Trennung des Lithions vom Natrongehalt geschah auf ähnliche Weise, wie sie von Hagen bei der Untersuchung des Spodumens und Petalits ausgeführt wurde.

Die Resultate der verschiedenen Analysen waren folgende:

	I.	II.	III.
	vermittelst Fluorwasserstoffs.	vermittelst kohlensauren Natrons.	
Kieselerde	—	48,92	(46,62)
Thonerde	20,80	19,03	21,05
Manganoxyd	4,30	5,59	4,12
Kalkerde	0,11	0,14	0,12
Kali	10,96	—	—
Lithion	2,77	—	—
Natron	2,23	—	—
Fluor	—	10,44	10,01
Chlor	—	1,31	1,01

Durch's Glühen, auch selbst durch starkes, zeigte sich ein Verlust von nur 0,28 Proc.; der Glanz des Glimmers wurde dadurch kaum matter.

Phosphorsäure, Magnesia, Wasser und andere Bestandtheile wurden vergebens gesucht. Bei einer Analyse glaubte Hr. Rosales Spuren von Kobaltoxyd gefunden zu haben, konnte aber später bei den andern, aller Aufmerksamkeit ungeachtet, nichts davon entdecken.

Es ist nicht leicht eine deutliche Ansicht von der wahren Zusammensetzung dieses Glimmers zu erhalten. Es ist wohl wahrscheinlich, besonders wegen der rosenrothen Farbe desselben, dafs das Mangan als Manganoxyd in demselben enthalten sey, das mit der Thonerde isomorph, dieselbe austauschen kann. In allen Lithionglimmern von rosenrother Farbe, also in den eigentlichen Lepidolithen, fehlt ein Eisengehalt gänzlich; dahingegen wird in allen ein Mangangehalt angegeben. Tritt ein Eisengehalt hinzu, so ist die Farbe des Lithionglimmers grau oder gelb. — Kali, Natron und Lithion können im Glimmer als isomorph angenommen werden; sie sind in ihm als Metalle mit Fluor verbunden enthalten. Als Kieselfluormetalle können sie im Glimmer in sofern nicht enthalten seyn, als er beim Glühen nur einen sehr geringen Verlust erleidet. Gegen 1 Atom Kalium sind 1 Atom Lithium und $\frac{1}{3}$ Atom Natrium vorhanden, denn die Sauerstoffmengen in 10,96 Th. Kali, in 2,77 Th. Lithion und in 2,23 Th. Natron sind 1,76; 1,53 und 0,57.

Die wahrscheinlichste Formel für die Zusammensetzung des untersuchten Glimmers scheint folgende zu seyn:

$$\left.\begin{matrix} K \\ L \\ Na \end{matrix}\right\} F + \left.\begin{matrix} \dddot{Al} \\ \\ \dddot{Mn} \end{matrix}\right\} \dddot{Si}^2.$$

Berechnet man die Zusammensetzung nach dieser Formel, indem man zugleich annimmt, dafs Kalium, Lithium und Natrium in dem oben angenommenen Ver-

hältnisse im Lithionglimmer enthalten sind, so erhält man folgende Zusammensetzung im Hundert:

Kalium	9,09	(=10,94 Kali)
Lithiun	1,51	(= 2,38 Lithion)
Natrium	1,76	(= 2,36 Natron)
Fluor	10,09	
Thonerde	27,72,	theilweise ersetzt durch Manganoxyd
Kieselerde	49,83	
	100,00.	

Wegen des großen Fluorgehalts läßst sich dieser Lithionglimmer mit keinem vergleichen, der früher analysirt worden ist. Nach den älteren Analysen von Chr. Gmelin, Kralowansky und Turner ist in den Lepidolithen nur zwischen 3, 4 bis 5 Proc. Flufssäure enthalten, und auch die neusten Analysen von Regnault geben nur 4,24 bis 4,40 Fluor in zwei von ihm analysirten Lithionglimmern an. Nur in einem Lithionglimmer von Zinnwald giebt Chr. Gmelin 8,53 Proc. Flufssäure an. — Was dagegen die andern Bestandtheile betrifft, so findet sich eine gröfsere Uebereinstimmung, wenn man annimmt, dafs in allen früheren Analysen der Lithiongehalt deshalb zu grofs ausfiel, weil, wie schon oben bemerkt wurde, ein Natrongehalt im Lithionglimmer übersehen worden ist, und das Lithion deshalb die ganze Menge des Natrons enthielt.

2. Untersuchung eines zweiaxigen Glimmers aus New-York.

Dieser Glimmer, der im Aeufsern Aehnlichkeit mit den einaxigen Glimmern hat, aber, nach Untersuchungen von Dove, in der That zwei Axen hat, findet sich in sehr grofsen sechsseitigen Tafeln von brauner Farbe, und erscheint in dünnen Blättchen ganz wasserhell. Vor dem Löthrohre schmilzt er, in der Platinzange gehalten, sehr

leicht zu einem weifsen Email, und färbt dabei die Flamme etwas schwach röthlich. In der offenen Röhre erhitzt, giebt er starke Zeichen von Flufssäure. Er findet sich in Jefferson County, New-York [1]).

Hr. Meitzendorf hat mit diesem Glimmer drei Analysen angestellt. Die eine wurde durch Fluorwasserstoffsäure bewerkstelligt, besonders in der Absicht, um den Gehalt der Alkalien zu bestimmen; die zweite geschah vermittelst des kohlensauren Natrons auf die gewöhnliche Weise; die dritte ebenfalls vermittelst des kohlensauren Natrons, um den Fluorgehalt des Glimmers abzuscheiden. Die Resultate der drei Analysen waren folgende:

	I.	II.	III.
	vermittelst Fluorwasserstoffsäure.	vermittelst kohlensauren Natrons.	
Kieselerde	—	41,49	41,11
Thonerde	15,49	15,22	—
Eisenoxyd	1,82	1,72	—
Magnesia	28,16	29,43	—
Kali	9,70	—	—
Natron (lithionhalt.)	0,65	—	—
Fluor	—		3,30

Der Glühverlust des Glimmers betrug 0,23 Proc.

Das Mittel aus diesen Analysen ist:

		Sauerstoffmengen.	
Kieselerde	41,30	21,45	
Thonerde	15,35	7,16	7,711
Eisenoxyd	1,77	0,54	
Magnesia	28,79	11,14	12,953
Kali	9,70	1,64	
Natron	0,65	0,16	
Fluor	3,30		
Glühverlust	0,28		
	101,14.		

1) Dana beschreibt in seinem *System of mineralogy*, *p*. 264, einen ganz ähnlichen Glimmer von Henderson, Jefferson County, daher der untersuchte Glimmer von dorther stammen mag. Der in Henderson kommt im körnigen Kalkstein eingewachsen vor.

Die Zusammensetzung dieses Glimmers ist in sofern höchst auffallend und merkwürdig, als er, obgleich von zwei Axen doppelter Strahlenbrechung, doch einen äufserst bedeutenden Gehalt von Magnesia enthält, den man bisher nur in den einaxigen Glimmern gefunden hat. Bezeichnet man mit $\dot{R}$ die Basen mit einem Atom Sauerstoff, und mit $\dddot{R}$ Thonerde und Eisenoxyd, so ist die Zusammensetzung des Glimmers:

$$3\dot{R}^3 \dddot{Si} + 2\dddot{R} \dddot{Si}.$$

Man hat indessen bei der Aufstellung der Formeln sowohl der einaxigen, als auch der zweiaxigen Glimmerarten nicht Rücksicht auf den Fluorgehalt genommen. Freilich ist derselbe bei den meisten, besonders bei den einaxigen Glimmerarten sehr gering; bei dem von Hrn. Meitzendorf analysirten indessen beträgt derselbe 3,3 Proc. Das Fluor kann im Glimmer nur als Fluorkalium enthalten seyn; sicherlich ist es nicht mit einem andern Metall verbunden, weil diefs sonst auf das Sauerstoffverhältnifs zwischen den verschiedenen Basen von bedeutendem Einflufs seyn würde. 3,3 Th. Fluor verbinden sich mit 6,9 Th. Kalium zu Fluorkalium, so dafs von den 8,03 Proc. Kalium im Glimmer nur 1,13 Th. als Kali darin enthalten sind. Diese entsprechen nur 0,19 Th. Sauerstoff, so dafs dadurch das Verhältnifs des Sauerstoffgehalts der Basen $\dot{R}$ zu dem der Basen $\dddot{R}$ wie 11,49 : 7,711 wird, also näher dem Verhältnifs 3 : 2, wie das oben angeführte.

Freilich wird aber hierdurch ein kleiner Ueberschufs im Gehalte der Kieselerde bemerkbar. Man kann indessen nicht füglich annehmen, dafs das Fluorkalium als Kieselfluorkalium im Glimmer enthalten sey, da derselbe beim starken Glühen einen so geringen Verlust erleidet. Es ist möglich, dafs das Fluorkalium eine Verbindung mit Kieselerde bilden kann, doch wird dieselbe, nach Berzelius, schon durch Wasser zersetzt.

Es ist daher zweckmäfsig, für jetzt Fluorkalium in diesem Glimmer anzunehmen, verbünden mit $3\dot{R}^3 \dddot{Si} + 2\ddot{R}\dddot{Si}$. Würde man annehmen, dafs $\dot{R}$ nur aus Magnesia und $\ddot{R}$ nur aus Thonerde bestehend, so wäre die nach der Formel $KF + (3\dot{Mg}^3 \dddot{Si} + 2\dddot{Al}\dddot{Si})$ berechnete Verbindung im Hundert zusammengesetzt aus:

Fluor	3,24
Kalium	6,78
Magnesia	32,20
Thonerde	17,79
Kieselerde	39,99
	100,00.

3. Ueber die Zusammensetzung des Disthens.

Die Zerlegung dieses Minerals hat, wie schon Arfvedson bemerkt, bedeutende Schwierigkeiten, indem, wenn man dasselbe mit kohlensaurem Alkali schmilzt, und die geschmolzene Masse auf die bekannte Weise mit Salzsäure behandelt, man eine Kieselerde bekommt, die bedeutende Mengen von Thonerde enthält, weshalb die früheren Analysen von Klaproth, auch die späteren von Vanuxem bedeutend unrichtig sind.

Arfvedson bediente sich zur Zerlegung des Minerals des Aetzkalis; Hr. Rosales wandte bei der Untersuchung des Disthens vom St. Gotthardt [1]), da Fluorwasserstoffsäure gar nicht auf ihn einwirkte, kohlensaure Baryterde an, mit welcher er bei Weifsglühhitze das sehr fein gepulverte Mineral behandelte. Es wurden von letzterem 1,426 Grm. angewandt; er erhielt daraus 0,523 Grm. Kieselerde, 0,900 Grm. Thonerde und 0,017 Grm. Eisenoxyd, oder im Hundert:

Kie-

1) Es kommt hier mit Staurolith in weifsem Glimmerschiefer eingewachsen vor.

		Sauerstoffgehalt.
Kieselerde	36,67	19,05
Thonerde	63,11	29,47
Eisenoxyd	1,19	0,36
	100,97.	

Diefs stimmt ziemlich genau mit der Formel $\ddot{\ddot{A}}l^3 \dddot{S}i^2$ überein, die von der von Arfvedson gegebenen, die $\ddot{\ddot{A}}l^2 \dddot{S}i$ ist, abweicht. Bucholz erhielt bei einer, schon vor sehr langer Zeit angestellten, Analyse des Andalusits von Herzogau, ein Resultat, das sich dem von Hrn. Rosales gefundenen des Disthens sehr nähert [1]). Es sind indessen die grauen Andalusite nach Mohs Afterkrystalle des Disthens; vielleicht hat Bucholz einen solchen untersucht.

4. Untersuchung eines quecksilberhaltigen Fahlerzes aus Ungarn.

Dieses merkwürdige Fahlerz hatte Hr. Prof. Zeuschner von seiner geognostischen Reise aus Ungarn mitgebracht, und wegen seines Quecksilbergehaltes eine Untersuchung gewünscht. Es kommt dort vor bei Kotterbach in der Nähe von Iglo, und ist höchst wahrscheinlich das nämliche derbe quecksilberhaltige Fahlerz aus Poratsch in Ober-Ungarn, welches Klaproth untersucht hat [2]), und in welchem er in Hundert fand:

Antimon	19,50
Eisen	7,50
Quecksilber	6,25
Kupfer	39,00
Schwefel	26,00
Verlust	1,75
	110,00.

1) Rammelsberg, Handwörterbuch, Bd. I S. 25 und S. 180.

2) Beiträge, Bd. IV S. 62.

Das Erz kommt nur derb vor, häufig mit Kupferkies durchzogen, von dem die Stücke, die zur Analyse angewandt wurden, sorgfältig gereinigt worden waren.

Die Untersuchung des Fahlerzes geschah durch Hrn. Scheidthauer. Die Bestimmung des Quecksilbers im Erze, das bis jetzt in keinem andern Fahlerze gefunden worden ist, war mit Schwierigkeiten verknüpft. Es wurde von Hrn. Scheidthauer auf die bekannte Weise durch trocknes Chlorgas zersetzt; wobei die flüchtigen Chlorverbindungen von den nicht flüchtigen getrennt wurden. Unter ersteren, die auf die gewöhnliche Art in Wasser aufgelöst wurden, zu dem Weinsteinsäure und Salzsäure zugesetzt worden waren, befand sich auch das flüchtige Quecksilberchlorid. Von der Auflösung wurde zuerst der Schwefel getrennt, darauf die Schwefelsäure durch Chlorbaryum gefällt und das überschüssige Barytsalz durch Schwefelsäure zersetzt. Die abgeschiedene Flüssigkeit wurde mit Ammoniak gesättigt, und durch ein Uebermaafs von Schwefelammonium, Schwefelarsenik und Schwefelantimon vom Schwefeleisen, Schwefelzink und Schwefelquecksilber getrennt.

Die ungelösten Schwefelmetalle wurden mit Königswasser behandelt, und aus der Auflösung das Quecksilber als Schwefelmetall durch Schwefelwasserstoffgas gefällt. Das Schwefelquecksilber wurde noch einmal in Königswasser gelöst, um aus der Auflösung, nachdem sie durch Alkali der Sättigung nahe gebracht worden war, das Quecksilber als Chlorür vermittelst des ameisensauren Natrons zu fällen. Aus unbekannten Ursachen konnte nicht die ganze Menge des Quecksilbers als Chlorid gefällt werden; das nicht gefällte wurde durch Chlorwasserstoffgas niedergeschlagen, und als Schwefelmetall bestimmt.

Aus der Auflösung in Schwefelammonium wurden durch sehr verdünnte Salzsäure Schwefelantimon und Schwefelarsenik gefällt, und dieselben nach bekannten Methoden vermittelst Wasserstoffgas getrennt.

Aus der Auflösung des flüchtigen Chlorids das Quecksilber als Chlorür durch ameisensaures Natron vor Abscheidung des Antimons und des Arseniks zu fällen gelang nicht; das gefällte Chlorür enthielt eine bedeutende Menge von Antimon.

Hr. Scheidthauer hat drei Analysen des Erzes unternommen; aber nur bei einer alle Bestandtheile desselben bestimmt. Bei einer zweiten Analyse konnte aus angeführten Gründen nicht die ganze Menge des Quecksilbers erhalten werden; bei einer dritten wurde nur der Schwefel bestimmt.

	I.	II.	III.
Sand- oder Quarzkörner	2,73	1,82	1,87
Antimon	18,48	18,50	
Arsenik	3,98	4,10	
Eisen	4,90	5,05	
Zink	1,01	1,02	
Kupfer	35,90	35,87	
Quecksilber	7,52		
Schwefel	23,34	23,70	23,90
Silber, Blei	Spuren		
	97,86.		

Wenn die Zusammensetzung der Fahlerze durch die chemische Formel $\overset{\prime}{R}{}^4\overset{\prime\prime\prime}{R} + 2\overset{\prime}{R}{}^4\overset{\prime\prime\prime}{R}$ ausgedrückt wird, in welcher $\overset{\prime}{R}$ Schwefeleisen und Schwefelzink, $\overset{\prime}{R}$ Schwefelkupfer und Schwefelsilber, und $\overset{\prime\prime\prime}{R}$ Schwefelantimon und Schwefelarsenik bedeutet, so entsteht hier nun die nicht uninteressante Frage: zu welcher von diesen Gruppen von Schwefelmetallen soll das Schwefelquecksilber gerechnet werden, ob zu der, die durch $\overset{\prime}{R}$ oder die durch $\overset{\prime}{R}$ bezeichnet werden kann? Man sollte vermuthen, dafs es zur letzteren Gruppe gehöre, da das Quecksilber, namentlich als Chlorür, so viele Aehnlichkeit mit den analogen Verbindungen des Kupfers und des Silbers besitzt.

Wenn wir indessen die Schwefelmengen berechnen, welche die verschiedenen Metalle aufnehmen, so gelangen wir zu einer anderen Ansicht.

18,48	Antimon erford. zur Bildung von	$\overset{\prime\prime\prime}{Sb}$	6,915	Schwefel
3,98	Arsenik - - - - -	$\overset{\prime\prime\prime}{As}$	2,555	-
4,90	Eisen - - - - -	$\overset{\prime}{Fe}$	2,906	-
1,01	Zink - - - - -	$\overset{\prime}{Zn}$	0,503	-
35,90	Kupfer - - - - -	$\overset{\prime}{\bar{Cu}}$	9,126	-
7,52	Quecksilber - - - - -	$\overset{\prime}{Hg}$	1,180	-
7,52	- - - - - -	$\overset{\prime}{\bar{Hg}}$	0,590	-

Wäre Quecksilber als $\overset{\prime}{\bar{Hg}}$ im Mineral, so würden die Schwefelmengen aller Schwefelmetalle nur 22,595 Proc. betragen; wird es aber als $\overset{\prime}{Hg}$ darin angenommen, so betragen diese Schwefelmengen 23,185 Proc., was besser mit der gefundenen Schwefelmenge stimmt.

Würde man ferner das Quecksilber als $\overset{\prime}{\bar{Hg}}$ im Erze annehmen, so würden die Schwefelmengen von $\overset{\prime\prime\prime}{\bar{R}}$, $\overset{\prime}{R}$ und $\overset{\prime}{\bar{R}}$ sich verhalten wie 9,470 : 3,409 : 9,716. Ist es aber als $\overset{\prime}{Hg}$ darin enthalten, so würden jene Schwefelmengen folgende seyn: 9,470 : 4,589 : 9,126. Wenn sich aber die Schwefelmengen von $\overset{\prime\prime\prime}{\bar{R}}$, $\overset{\prime}{R}$ und $\overset{\prime}{\bar{R}}$ wie 9 : 4 : 8 verhalten sollen, wie es die Formel für die Fahlerze verlangt, so stimmt nur letzteres Verhältnifs damit, nicht ersteres. Hierbei ist zu bemerken, dafs man bei so schwierigen Analysen, wie die der Fahlerze sind, immer, wenn dieselben vermittelst Chlorgas ausgeführt werden, etwas weniger Schwefelantimon und Schwefelarsenik erhält, als man eigentlich erhalten sollte.

5. Xanthophyllit.

Der Xanthophyllit ist von G. Rose beschrieben in diesen Annalen, Bd. L S. 654, und von Meitzendorf vier Mal untersucht worden. Die ersten drei Analysen sind in der Reise von G. Rose nach dem Ural, Bd. II S. 527, angeführt. Wegen der ungewöhnlichen Zusammensetzung des Minerals, und weil von den drei dort angeführten verschiedenen Analysen die eine von den beiden andern etwas abweicht, hat Hr. Meitzendorf noch eine vierte angestellt, die mit den beiden letzteren übereinstimmt.

Die Resultate der vier Analysen zusammengestellt folgen weiter unten. Die erste Analyse wurde vermittelst des kohlensauren Natrons auf die bekannte Weise angestellt; das Resultat derselben stimmt weniger gut mit dem der andern überein, besonders hinsichtlich des Talkerdegehalts, was in sofern begreiflich ist, als diese Erde nicht gut aus natronhaltigen Flüssigkeiten mit Genauigkeit gefällt werden kann. Die zweite Analyse geschah vermittelst starker Fluorwasserstoffsäure, besonders um die Alkalien im Minerale zu bestimmen; die dritte und vierte vermittelst Schwefelsäure, welche das Mineral leichter und schneller zersetzt, als Fluorwasserstoffsäure.

	I. vermittelst kohlens. Natrons.	II. vermittelst Fluorwasserstoffsäure.	III. vermittelst Schwefelsäure.	IV. vermittelst Schwefelsäure.
Kieselerde	17,05	(16,55)	16,41	16,20
Thonerde	44,00	43,73	43,17	44,96
Kalkerde	11,37	13,12	14,50	12,15
Talkerde	21,24	19,04	19,47	19,43
Eisenoxydul	1,91	2,62	2,23	2,73
Natron	(0,61)	0,67	0,62	0,55
Glühverlust	4,21	(4,33)	(4,45)	(4,33)
	100,06	100,73	100,35	100,37.

Das Mittel aus den drei zuletzt angeführten Analysen ist folgendes:

		Sauerstoffgehalt.	
Kieselerde	16,30	8,47	
Thonerde	43,95	20,53	
Kalkerde	13,26	3,72	11,92
Talkerde	19,31	7,47	
Eisenoxydul	2,53	0,58	
Natron	0,61	0,15	
Glühverlust (Wasser)	4,33	3,84	
	100,37.		

Der Glühverlust bestand in Wasser, da kein Chlor- und Fluorgehalt im Minerale aufgefunden werden konnten.

Nimmt man an, dafs der Sauerstoffgehalt des Wassers, der Basen $\dot{R}$, der Thonerde und der Kieselerde sich verhalte wie 1 : 3 : 6 : 2, so ist man in der That gezwungen einen Theil der Basen $\dot{R}$ als Silicat, einen anderen Theil derselben als ein Aluminat anzunehmen. Die chemische Formel, welche der Zusammensetzung des Minerals am meisten entspricht, ist dann wohl

$$2\dot{R}\dddot{Si}+6\dot{R}\dddot{Al}+\dot{R}\dot{H}^3.$$

Nimmt man indessen an, der Sauerstoffgehalt jener Oxyde verhalte sich wie 1 : 4 : 3 : 6, was indessen weniger mit den Resultaten der Analyse übereinstimmt, so ist die Formel eine einfachere, nämlich $\dot{R}\dddot{S}+2\dot{R}\dddot{Al}+\dot{R}\dot{H}$, welche in dem Reisewerke von G. Rose angenommen ist.

Es ist zweckmäfsig hier noch das anzuführen, was G. Rose zu der oben angeführten Stelle seines Werkes über den Xanthophyllit hinzufügt:

»Interessant ist die Uebereinstimmung des Xanthophyllits nach den Analysen des Hrn. Meitzendorf mit dem Minerale von Amity in New-York, das von Clemson, Thomson und Breithaupt den Namen Seybertit, Holmesit und Chrysophan erhalten, und auch aufser-

dem noch Clintonit benannt ist. Es hat nämlich nach den Analysen von Clemson, Richardson und Plattner folgende Zusammensetzung:

Talkerde	24,3	9,05	9,8
Kalkerde	10,7	11,45	12,5
Eisenoxydul	5 Oxyd	3,8	4,3
Manganoxydul	—	1,35	—
Zirconerde	—	2,05	—
Thonerde	37,6	44,75	46,7
Kieselsäure	17,0	19,35	26,4
Flufssäure	—	0,9	—
Wasser	3,6	4,55	3,5 nebst Natron
	98,2	98,25	98,2.

Nach den Stücken, die die Königl. Berl. Sammlung neuerdings erhalten, und nach den Beschreibungen in den oben citirten Werken kommt der Seybartit auch in unbestimmt begränzten tafelförmigen Krystallen vor, die nach der Hauptfläche vollkommen spaltbar, und in Kalkspath eingewachsen sind. Er ist hell lichtbraun, hat auf der Hauptfläche der Tafeln metallischen Perlmutterglanz, eine Härte, die zwischen der des Flufsspaths und Apatits steht, und ein specifisches Gewicht 3,098 (Dana), oder 3,071 (Breithaupt).

In dem Kalkspath findet sich neben ihm noch Hornblende und Graphit eingewachsen.

Dunklere Farbe, die vielleicht durch den etwas gröfseren Eisengehalt hervorgebracht wird, so wie das Vorkommen zeichnen den Seybertit, bei der noch unvollständigen Kenntnifs seiner chemischen Zusammensetzung, besonders vor dem Xanthophyllit aus; nicht so die Härte, denn diese ist auch bei dem letzteren geringer, wenn man sie auf der Hauptfläche der Tafeln untersucht, indem er hier durch Apatit geritzt wird, während er mit den Rändern der Tafel den Apatit deutlich ritzt. Es ist demnach wahrscheinlich der Xanthophyllit nicht we-

sentlich, wenigstens nicht als Gattung, verschieden, was indessen völlig auszumachen, noch weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben mufs.«

6. Untersuchung eines Asbestes vom Ural.

So wie die blättrige Textur des Glimmers mehreren Mineralgattungen eigenthümlich seyn kann, und das Wort Glimmer eigentlich mehr eine Bezeichnung für eine gewisse Art des Vorkommens von mehreren Mineralien ist, als für eine bestimmte Mineralgattung, so findet unstreitig etwas Aehnliches beim Asbest statt, da viele Mineralien in einem ganz ähnlichen fasrigen Zustande vorkommen können. Sehr häufig besteht der Asbest aus Hornblende, wie diefs zuerst v. Bonsdorf durch die Analyse des Asbestes von Tarentaise gezeigt hat. Interessanter in der Zusammensetzung ist nach der Analyse von Lappe der Asbest von Koruk in Grönland, in welchem keine Kalkerde enthalten ist, sondern als Basen nur Eisenoxydul und Magnesia, ersteres mit der Kieselerde ein neutrales, letzteres damit ein $\frac{2}{3}$ kieselsaures Salz bildend.

Dem Asbeste von Koruk gleicht ein von Herrn Heintze analysirter Asbest, sowohl in seinem Aeufsern als auch in seiner chemischen Zusammensetzung. Er findet sich in grofskörnigen, oft 4 bis 5 Zoll im Durchmesser haltenden Zusammensetzungsstücken, die selbst wieder excentrisch fasrig sind, hat eine etwas grünlichweifse Farbe, und kommt an den Quellen der Tschussowaja am Ural auf Gängen im Serpentin vor [1]).

Hr. Heintze fand ihn in zwei Analysen folgendermafsen zusammengesetzt:

1) Vergl. G. Rose Reise nach dem Ural, Th. II S. 506.

	I.	Sauerstoff.	II.	Sauerstoff.
Kieselerde	59,23	30,77	58,10	30,23
Thonerde	0,19	0,09	0,18	0,08
Eisenoxydul	8,27	1,88	7,93	1,81
Magnesia	31,02	12,01	30,79	11,79
Glühverlust	1,31		1,86	
	100,00		98,84.	

Die Zusammensetzung wird durch die Formel

$$\dot{F}e\dddot{S}i + 2(\dot{M}g^3\dddot{S}i^2)$$

ausgedrückt.

Durch Säure wird der Asbest nicht zersetzt. Ein Fluorgehalt konnte in diesem Asbeste nicht gefunden werden.

XX. *Ueber Deville's Gasbehälter; von C. Rammelsberg.*

Deville hat neuerlich einen sehr zweckmäfsigen Gasbehälter beschrieben [1]), welcher sich vortrefflich eignet, um atmosphärische Luft oder eine andere Gasart über eine Substanz zu leiten, und bei welchem insbesondere die Art, ihn mit dem Gase zu füllen, gestattet, dafs man diese Operation während des Gebrauchs des vorhandenen Gases vornehmen kann.

Er besteht aus einer dreifach tubulirten Flasche; durch die eine Oeffnung geht ein Rohr, welches mit einem Hahn versehen ist, und durch welches das Gas den Apparat verläfst; durch die mittlere Oeffnung führt ein anderes, welches bis auf den Boden der Flasche reicht, und am oberen Theile einen mit einem Hahn versehenen Trichter trägt, wodurch der Apparat mit Wasser gefüllt und das Gas ausgetrieben wird. Der Kork des

1) *Annal. de chim. et de phys. Ser. III T. I p.* 59.

dritten Tubulus nimmt zwei Röhren auf, welche gleichfalls bis auf den Boden herabgehen, von denen die eine mit dem Gasentwicklungsapparate in Verbindung gesetzt wird, während das Wasser (nach Verschlufs der beiden Hähne) durch die andere herausgedrängt wird, zu welchem Zweck sie aufserhalb horizontal gebogen und mit einem kurzen herabgehenden Schenkel versehen ist, welcher indessen, damit er nicht als Heber wirke, das Niveau des Wassers nie erreichen darf.

Ich habe den Apparat um etwas zu vereinfachen gesucht, und nur *einen* Hahn, so wie nur drei Röhren dabei benutzt. Seine Einrichtung ist im Kurzen folgende.

Fig. 7 Taf. I zeigt die dreihalsige Flasche (statt deren auch eine gewöhnliche mit weiter Oeffnung dient, so dafs der Kork dreifach durchbohrt werden kann), *a* ist das Rohr, durch welches das Gas eintritt; *b* ist eine oben und unten offene Glasröhre; *c* ist das mit einem Hahn versehene Rohr zur Fortleitung des Gases.

Will man die Flasche mit Wasser füllen, so schiebt man auf *b* (Fig. 9 Taf. I) einen Kork, mittelst dessen man eine Glocke umgekehrt darauf befestigt. Letztere füllt man mit Wasser, während der Hahn von *c* geöffnet ist. Soll nun der Apparat mit Gas gefüllt werden, so nimmt man die Glocke von *b* ab, und befestigt daran statt ihrer ein zweischenkliges Rohr, wie in Fig. 8 Taf. I, mittelst Kautschuk. Will man endlich das Gas benutzen, so setzt man wieder die Glocke auf und füllt sie voll Wasser, während man den Hahn öffnet, und die obere Oeffnung von *a* durch einen kleinen Kork schliefst.

Wenn die mit Wasser gefüllte Flasche wieder mit atmosphärischer Luft gefüllt werden soll, so öffnet man den Hahn und setzt an *a* einen Heber an.

Ein Inhalt der Flasche von 4 bis 5000 C.C. ist in vielen Fällen hinreichend. Gut ist es ferner, durch eine daran angebrachte Theilung die Menge des Gases jederzeit beurtheilen zu können.

XXI. *Ueber die chemischen Aequivalente als einfache Multipla von dem des Wasserstoffs; von Hrn. J. Pelouze.*

(*Compt. rend. T. XV p. 959.*)

Die Aufmerksamkeit der Chemiker ist neuerdings auf die schon alte Hypothese des Dr. Prout zurückgerufen, dafs die Aequivalente aller Körper ohne Ausnahme Multipla in ganzen Zahlen von dem des Wasserstoffs seyen. Lange Zeit hatte dieselbe nur in England einige Anhänger gefunden. Fast Jedermann hielt sie nur für eine natürliche Folge der Leichtheit des Wasserstoff-Aequivalents verglichen mit der der übrigen Körper, eine Leichtheit, die so grofs ist, dafs es bis auf meistens unbedeutende Berichtigungen, wie jede andere kleine Zahl, viele Male ganz in einer grofsen enthalten seyn mufs.

Die neuen Bestimmungen, welche Hr. Dumas mit so grofser Sorgfalt von den Aequivalenten des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Stickstoffs und Calciums gemacht hat, streben dahin, die Hypothese des englischen Chemikers in ein wahrhaftes Gesetz umzuwandeln. Zwischen diesen letzteren Aequivalenten giebt es in der That so einfache Zahlenverhältnisse, dafs man sie unmittelbar und frei von aller theoretischen Ansicht aus den zahlreichen Versuchen des Hrn. Dumas herleiten kann. Ich bin weit entfernt die Richtigkeit irgend eines der Resultate zu läugnen, die neuerlich zur Berichtigung mehrer der Aequivalente gedient haben; allein ich glaube, dafs die Beobachtungen und Thatsachen, die ich sogleich darlegen werde, hinreichend zeigen, dafs man in einen grofsen Irrthum gefallen ist, diesen Verhältnissen volle Allgemeinheit beizulegen.

Das Mittel, welches ich angewandt, um diese schwie-

rige Aufgabe zu lösen, besteht nicht darin, die Aequivalente einiger einfachen Körper abermals zu bestimmen, um sie mit dem des Wasserstoffs zu vergleichen; denn dieser wichtige Punkt der Wissenschaft ist der Gegenstand zahlreicher Arbeiten von Seiten der in der Analyse geübtesten Chemiker, namentlich des Hrn. Berzelius, gewesen; und überdiefs, welche Sorgfalt man auch auf dergleichen Bestimmungen verwenden möge, so bieten sie alle doch eine gewisse Solidarität dar, die hinreicht, dafs ein Fehler, begangen bei einem Aequivalent, auf mehre andere einwirke.

Um zu dem vorgesetzten Ziele zu gelangen, ersann ich eine Reihe unendlich einfacherer und strengerer Versuche, darin bestehend, dafs man wohl definirte Sauerstoffverbindungen, die durch blofse Erhitzung, ohne Dazwischenkunft irgend eines fremden Körpers, zersetzbar sind, nimmt, und die Sauerstoffmenge, welche sie verlieren, aus dem Gewicht des von ihnen hinterlassenen Rückstands bestimmt, so dafs mit einem Wort der ganze Versuch alleinig aus zwei Wägungen und einer Glühung besteht.

Einer der Körper, die sich am besten zu diesem Versuche eignen, weil sie aus zwei leichten Aequivalenten bestehen und vollkommen rein zu erhalten sind, ist das chlorsaure Kali.

Die Wärme zersetzt es in Sauerstoff und Chlorkalium. Ohne sich um die Aequivalente des Chlors und des Kaliums zu kümmern, braucht man sich nur mit dem ihrer Verbindung zu beschäftigen. Diefs ist offenbar die Gewichtsmenge, die sich mit 600 Gewichtstheilen Sauerstoff verbindet; denn das chlorsaure Kali besteht aus 6 Aequivalenten von letzterem Körper und 1 Aequivalent von jedem der beiden andern.

Wenn nun Chor und Kalium beide einfache Multipla vom Wasserstoff sind, mufs es nothwendig das Product ihrer Vereinigung, d. h. das Chlorkalium, ebenfalls seyn.

Die Aufgabe vereinfacht sich also sehr. Es handelt sich nur darum, zu wissen, bis zu welchen Gränzen die Fehler bei diesem Versuche steigen können, und die Resultate desselben zu vergleichen mit den aus der Hypothese Prout's hervorgehenden Zahlen.

100 Th. chlorsaures Kali geben, nach Berzelius, 39,150 Th. Sauerstoff, und hinterlassen 60,850 Chlorkalium.

Die Resultate der neueren Versuche des Hrn. Marignac sind fast identisch dieselben [1]) (*Biblioth. universelle*, 1842); denn er fand 39,161 Sauerstoff und 60,839 Kalium als Mittel aus sechs, immer mit sehr beträchtlichen Mengen von chlorsaurem Kali angestellten Versuchen, bei welchen der gröfste Unterschied 9 Milligrm. Sauerstoff auf 100 Grm. Salz betrug.

Ich meinerseits bin zu einem ähnlichen Resultat gelangt. 100 chlorsaures Kali gaben mir

60,843 ; 60,857 ; 60,839,

also im Mittel 60,840 Chlorkalium und folglich 39,160 Sauerstoff.

Aus diesen drei Versuchsreihen ergiebt sich das Aequivalent des Chlorkaliums:

	932,568	nach	Berzelius
	932,140	-	Marignac
	932,175	-	mir
Mittel	932,295.		

Diese Zahl, dividirt durch 12,5, giebt 74,583. Mithin ist das Aequivalent des Chlorkaliums weder das 75- noch das 74fache von dem des Wasserstoffs, sondern in Wahrheit 74,583.

Das Aequivalent des Wasserstoffs, multiplicirt mit 75 giebt 937,5, mit 74 aber 925,0. Diese Zahlen weichen, wie man sieht, um mehr als ein halbes Hundertel von de-

1) Er nimmt auch darin das sehr übereilte Resultat seiner früheren Versuche (Ann. Bd. LVIIS. 262) zurück. *P.*

nen ab, die das Aequivalent des Chlorkaliums, ohne alle Hypothese, als Resultat einer grofsen Zahl von Versuchen ausdrücken.

Damit diefs Aequivalent das 75fache von dem des Wasserstoffs würde, müfste man annehmen, dafs bei einer Operation, die, wie schon gesagt, blofs aus einer Glühung und zwei Wägungen besteht, ein Fehler von 136 Milligrammen auf 100 Grammen des Chlorats begangen werden könnte. Nimmt man das Aequivalent 74 an, so würde der Fehler noch stärker, denn er stiege auf 183 Milligrammen.

Dieser Fehler scheint unmöglich zu seyn, wenn man sieht, dafs keiner der Versuche von Berzelius um mehr als 4 Milligrm. auf 100 Grm. abweicht und ihre Uebereinstimmung mit denen von Marignac und den meinigen so gut wie vollständig ist.

Uebrigens führt das überchlorsaure Kali zu denselben Folgerungen wie das chlorsaure. Das Aequivalent 932,140 repräsentirt in dem ersten dieser Salze 46,185 Sauerstoff auf 100, und Hr. Marignac hat gefunden 46,187. Die theoretischen Aequivalente würden davon 46,043 und 46,376 erfordern.

Die in dieser Notiz kurz dargelegten Betrachtungen beweisen, wenn ich nicht irre, auf die zuverlässigste Weise, dafs die Hypothese des Dr. Prout nicht gegründet ist, d. h. dafs die Aequivalente aller einfachen Körper nicht Multipla in ganzen Zahlen von dem des Wasserstoffs sind.

Wohl verstanden, will ich nicht damit sagen, dafs das Aequivalent keines einfachen Körpers ein einfaches Multiplum von dem des Wasserstoffs sey. Ich beschränke mich blofs darauf, die Richtigkeit einer solchen Relation für das Chlor und das Kalium, oder, strenger genommen, für eins dieser beiden Elemente zu läugnen; denn die Versuche, auf welche ich meine Schlüsse stütze, geben nur das Aequivalent der Verbindung beider, nicht das jedes von ihnen. Diefs ist übrigens gleichgültig für

die Sache, weil in der Hypothese, welche ich bestreite, eine Verbindung rücksichtlich des Wasserstoffs in dem nämlichen Fall ist wie ihre Bestandtheile.

XXII. *Faber's Sprechmaschine.*

Die Sprechmaschine, welche ein Künstler aus Wien, Faber mit Namen, hier kürzlich sehen oder vielmehr hören liefs, scheint uns in ihrer Art ein so gelungenes physikalisches Kunstwerk zu seyn, dafs wir nicht umhin können, einige Worte darüber zu sagen, wiewohl dieselben leider nicht das Wesentliche ihrer Einrichtung berühren können. Die Maschine ist unstreitig ein Bedeutendes vollkommener als die frühere von v. Kempelen, welche wir im Kings College zu London durch Hrn. Wheatstone's Güte kennen lernten. Während diese sich nur durch einen Trichter von Kautschuck vernehmen läfst, den man mit der Hand verschiedenartig schliefsen und öffnen mufs, besitzt die Faber'sche Maschine einen dem menschlichen nachgebildeten Mund mit Lippen und Zunge, aus demselben Material verfertigt, welcher blofs mit Hülfe eines Blasebalgs und einer Klaviatur alle Buchstaben und Worte, folglich auch beliebige Sätze, in mehr als einer Sprache zwar nicht eben schön, aber sehr verständlich hervorbringt. Ihre Stimme läfst sich verstärken und schwächen, bis zum vollen Leise-Sprechen, auch vertiefen und erhöhen, daher denn auch ein Singen möglich ist. Die Klaviatur, welche 16 Tasten enthält, giebt die Vocale *a*, *e*, *i*, *o*, *u*, die Halbvocale *r*, *l*, *w* und die Consonanten *f*, *s*, *s'* (unser *tsch*) *b*, *d*, *g*. Die übrigen Consonanten werden aus diesen und mittelst zweier Hülfstasten hervorgebracht, von denen die eine die Stimmritze und die andere die Nase schliefst

oder öffnet. Die erste Hülfstaste giebt die Aspiration unseres *h*, und verwandelt, gleich hinter *g* angegeben, dieses in *k*; die letztere, unmittelbar hinter *b* und *d* niedergedrückt, macht diese zu *m* und *n*. Immer muſs den Consonanten ein Vocal angehängt oder vorgesetzt werden, wenn sie so zum Vorschein kommen sollen, wie wir sie gewöhnlich aussprechen. Man begreift aus diesen unvollkommenen Andeutungen, daſs das Spielen der Maschine eine groſse Uebung verlangt. Die Maschine ist nur roh ausgeführt, und offenbar fallen mehre Mängel derselben nur dieser Ausführung, nicht dem Princip zur Last. Im Interesse der Wissenschaft können wir daher den Wunsch nicht unterdrücken, daſs der eben so bescheidene als verständige Künstler von Seiten seiner aufgeklärten Regierung in den Stand gesetzt werden möge, das Geheimniſs der Construction seiner Maschine zu veröffentlichen. Ein kleiner Theil der Summe, die auf anderem Gebiete einer Bestrebung von mehr als zweifelhaftem Erfolg zugesichert worden ist, würde dazu ausreichen, und würde gerade hier am rechten Orte seyn, da der Künstler niemals vom groſsen Publikum eine volle Entschädigung seiner Mühe zu erwarten hat. *P.*

XXIII. *Notizen.*

1) *Süſse Quelle auf San Pietro di Castello*, einer kleinen Insel bei Venedig, hat neuerlich der Ingenieur Casoni daselbst in einer Tiefe von 2,6 Met. erbohrt. Ihr Wasser war vollkommen süſs, nicht im mindesten salzig. (*Compt. rend. T. XV p.* 927.)

2) *Tiefer Barometerstand in Berlin am* 10. *Jan.* 1843. Vom 9. bis 16. incl. stand das Barometer (34 Fuſs über dem Straſsenpflaster) fortwährend unter 330 Lin. und erreichte am 10. Abends 7 Uhr das Minimum =321,98 Lin. bei 0°, also noch ein geringeres als das vom 14. Jan. 1827. (Ann. Bd. VIII S. 520.)

1843. ANNALEN №. 2.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LVIII.

I. *Ueber die periodischen Aenderungen des Drukkes der Atmosphäre im Innern der Continente.*

von H. W. Dove.

(Gelesen in der Academie zu Berlin im October 1842.)

Die meteorologischen Erscheinungen stellen sich in den verschiedenen Gegenden der Erde in so durchaus verschiedenen Formen dar, dafs die Theorien, welche wir zu ihrer Erklärung aufstellen, mehr oder minder das Gepräge der Localität an sich tragen, in welcher wir die Atmosphäre zu beobachten gewohnt sind. Auch ist der jährliche periodische Verlauf hier von so grofser Bedeutung, dafs das, was der Reisende dadurch gewinnt, dafs er seinen Beobachtungsort wechselt, theilweise dadurch verloren geht, dafs er nicht an einem Orte eine solche Periode mit der Atmosphäre durchlebt. Indem er locale Irrthümer vermeidet, fällt er daher leicht in temporäre. Aufserdem prägt sich das periodische Phänomen erst durch seine Wiederkehr ein, und man ist daher jetzt darüber einig, dafs die Wissenschaft am wesentlichsten gefördert wird durch stationäre Beobachtungsnetze, die sich über grofse Theile der Erdoberfläche erstrecken.

An den Küsten von England würde Saussure nicht auf die Bedeutung des Courant ascendant aufmerksam geworden seyn, eben so wenig wie Hadley in den Schweizerthälern die Passattheorie gefunden haben möchte. Wenn man es daher zugeben kann, dafs Gebirgsgegenden die eigentliche Geburtsstätte der Meteorologie gewesen, so wird man auf der andern Seite es eben so wenig verkennen dürfen, dafs es ihren Fortschritt wesentlich beförderte, als sie aus den Gebirgsthälern in die

Ebenen herabstieg. Das Verdrängen der Deluc'schen Regentheorie durch die Hutton'sche, das Vertauschen von Saussure's hygrologischen Vorstellungen mit denen Dalton's sind bezeichnende Momente dieses Ueberganges. Eben dafs die heterogenen Anschauungen des Gebirgsbewohners und des Bewohners der Ebene nach einander und mit einander innerhalb der Wissenschaft ihre volle Geltung erhalten, hat den beiden Grundbedingungen atmosphärischer Processe, der Bewegung der Luft in lothrechter und horizontaler Richtung ihr gleiches Recht widerfahren lassen. Allerdings kann man überall nur eine dieser Wirkungen sehen, und, wie es Espy gethan hat, sogar einen Courant ascendant als Zugführer an die Spitze eines Wirbelsturmes stellen, aber man braucht nur einen Blick auf eine der Sturmkarten von Redfield und Reid zu werfen, um sich von der Unnatur einer solchen Vorstellung zu überzeugen.

Aber selbst da, wo man auf dem Saussure'schen Standpunkte nicht mehr einseitig verharrt, wo man anerkennt, dafs eine Wissenschaft, die er so grofsartig begonnen, nicht nach ihm still gestanden, wo man die Luftströme als die eigentlichen Hebel der Erscheinung im grofsen Ganzen der Witterungsverhältnisse betrachtet (freilich bedingt durch den grofsartigen, die Passate erzeugenden Courant ascendant der Gegend der Windstillen), mögen die meteorologischen Theorien noch ein Gepräge der Localität tragen, von welchem sie, um wahre Objectivität zu erhalten, sich noch zu befreien haben. Sie sind nämlich sämmtlich unter dem Einflusse des Seeklimas geschrieben. Allerdings hat die Aufnahme Amerikas in den Kreis der Beobachtungen wesentlich dazu beigetragen, die einseitigen europäischen Vorstellungen über Verbreitung der Temperatur zu berichtigen, aber selbst in Amerika finden sich die eigentlichen continentalen Verhältnisse nicht. Jetzt erst dringt die Meteorologie in das wahrhaft continentale Klima vor. Dafs ihr

dort eine Stätte bereitet, verdankt man dem Grafen Cancrin, der die entlegensten Provinzen des russischen Reichs durch ein Beobachtungsnetz an die Stationen geknüpft hat, auf welchen einst mit Mannheimer Instrumenten beobachtet wurde. Die umsichtige Redaction dieser Beobachtungen und ihre schnelle Veröffentlichung durch Hrn. Kupfer macht das so Gewonnene zum Gemeingut, und erlaubt Fragen anzuregen, an deren Beantwortung vorher nicht gedacht werden konnte.

Der Gegensatz des continentalen und des Seeklimas wird in der Regel nur in Beziehung auf Wärmeverhältnisse geltend gemacht, und kommt daher in der Vertheilung der Pflanzenformen, als dem unmittelbarsten Ausdrucke derselben, am bestimmtesten zur Sprache. Auch erklärt sich dadurch, dafs die an der Oberfläche des Wassers in unmittelbarer Berührung mit der Luft erkalteten Tropfen herabsinken und wärmeren aus der Tiefe Platz machen, das Abstumpfen der Winterkälte aus der Meeresnähe eben so einfach als die Erniedrigung der Sommertemperatur durch die in der Verdampfung gebundene Wärme. Aber es ist klar, dafs der sich bildende Wasserdampf nicht nur bei seinem Entstehen einen Einflufs auf die Wärmeerscheinungen der Atmosphäre äufsern wird, sondern auch für die barometrischen Verhältnisse von Bedeutung seyn mufs, indem er als elastische Flüssigkeit an dem Gesammtdrucke der Atmosphäre Antheil nimmt.

Man ist gewohnt die barometrischen Veränderungen als einen mehr oder minder directen Ausdruck der thermischen anzusehen. Diese Ansicht beruft sich auf die Erfahrung, dafs bei den sogenannten unregelmäfsigen Veränderungen in der Regel eine Verminderung des atmosphärischen Druckes mit einer Temperaturerhöhung verbunden ist, dafs hingegen bei steigendem Barometer sich die Luft abkühlt. Sie übergeht dabei mit Stillschweigen, dafs in der täglichen Periode der atmosphärische Druck

12 *

zwei Maxima und zwei Minima erreicht, die Temperatur hingegen innerhalb 24 Stunden stätig zu- und abnimmt, und dafs etwas Aehnliches in der jährlichen Periode sich zeigt, wenigstens in Europa, wo aufserdem der Druck in den entschiedenen Sommermonaten viel höher ist als im Frühling.

Diese Widersprüche schienen mir so auffallend, dafs ich ihre Beseitigung in zwei vor zehn Jahren in diesen Annalen erschienenen Abhandlungen versuchte. Die eine derselben, »über die physischen Ursachen der täglichen Veränderungen des Barometers,« ist im XXII. Bd., S. 219 und 493, abgedruckt; die andere, »über die Vertheilung des atmosphärischen Druckes in der jährlichen Periode und über barometrisches Nivelliren der Ebenen,« im XXIV. Bande, S. 205. Dafs ich diesen Gegenstand hier nochmals zur Sprache bringe, wird dadurch gerechtfertigt erscheinen, dafs die dort geltend gemachte Ansicht in den nord-asiatischen Beobachtungen eine Bestätigung gefunden, deren Evidenz überraschend ist.

Diese Ansicht ist, dafs, obgleich bei den von der Windesrichtung abhängigen Veränderungen des atmosphärischen Druckes eine Sonderung der Dampfatmosphäre nicht wesentlich erscheint, diese unerläfslich wird bei der Erläuterung der periodischen Veränderungen.

Der Druck der trocknen Luft, die Elasticität der Dämpfe und die Temperatur erreichen nahe an denselben Punkten die Windrose ihre Extreme. Auch ist die Vertheilung derselben innerhalb der Windrose so analog, dafs sie durch dieselbe Function der Windesrichtung ausgedrückt werden kann. Abgesehen also davon, dafs überhaupt die Dampfatmosphäre für sich nicht einen Wind erzeugen wird, welcher ein anderer wäre als der in der trocknen Luft gleichzeitig entstehende, dafs also feuchte Luft, wenn sie horizontal bewegt wird, als ein Ganzes bewegt wird, ergiebt sich auch aus den empirischen Daten berechneter barometrischer und atmischer

Windrosen, dafs der Gesammtdruck der Atmosphäre in seinen von der Windesrichtung abhängigen Veränderungen dieselben durch das Drehungsgesetz bestimmten Regeln befolgt, als die trockne Luft allein. Eine Sonderung der Veränderungen der Dampfatmosphäre wird daher hier nur in Beziehung auf die Niederschläge nothwendig, welche aus dem gegenseitigen Verdrängen ungleich temperirter Winde entstehen. Abgesehen von diesen Niederschlägen, kann daher der Gesammtdruck der Atmosphäre in seinen in dieses Gebiet gehörigen sogenannten unregelmäfsigen Veränderungen als eine directe Function der Temperatur angesehen werden, aber die Berechtigung zu dieser Annahme liegt erst in den hier geltend gemachten Gründen.

Für die in lothrechter Richtung stattfindenden Bewegungen der Atmosphäre aber, durch welche das Barometer innerhalb des Tages und Jahres periodisch bewegt wird, wird es von wesentlichem Einflusse seyn, ob der Boden, über welchem die Luft aufsteigt, ein fester oder flüssiger ist. Früher, wo nur Beobachtungen aus dem Seeklima vorhanden waren, konnte der erste Fall nur ideell durch Rechnung dargestellt werden; jetzt, wo wir Beobachtungen aus dem Continentalklima benutzen können, schliefst sich jene früher bereits erhaltene Abstraction so unmittelbar an die Wirklichkeit an, dafs diese fast dadurch den Reiz der Neuheit verliert.

1) Jährliche Veränderungen.

Da die trockne Luft und die mit ihr vermischten Wasserdämpfe gemeinschaftlich auf das Barometer drükken, die in ihm gehobene Quecksilbersäule also aus zwei Theilen besteht, deren einer durch die trockne Luft, der andere durch die Wasserdämpfe getragen wird, so sieht man leicht ein, dafs, weil mit steigender Wärme die Luft ihr Volumen vergröfsert, deswegen aufsteigt und in der Höhe seitlich abfliefst, während hingegen bei er-

höhter Temperatur die Verdampfung sich steigert, und daher die Elasticität der in der Luft enthaltenen Wasserdämpfe zunimmt, die periodischen Barometerveränderungen mit dem periodischen Temperaturwechsel nicht in einem leicht übersichtlichen Zusammenhange stehen werden. So lange wir nämlich nicht das quantitative Verhältnifs beider zugleich aber in entgegengesetztem Sinne stattfindender Veränderungen kennen, läfst sich nicht einmal bestimmen, ob der Gesammtdruck mit einem Wachsen der Wärme zu- oder abnehmen wird, ob nicht vielleicht in einem Theile der Periode das Uebergewicht auf Seiten der einen Veränderung ist, in dem übrigen Theile der Periode auf Seiten der andern. Es ist daher klar, dafs nur durch das gleichzeitige Beobachten des Barometers und Hygrometers ein Verständnifs dieser Veränderungen zu erwarten ist.

Was man durch diese Sonderung gewinnt, wird ein Blick auf die graphischen Darstellungen lehren, welche dieser Abhandlung beigegeben sind. Die Fig. 12. 13. 14 Taf. I enthalten die Veränderungen des Gesammtdruckes in der jährlichen Periode, die Fig. 15 die jährlichen Veränderungen des Druckes der trocknen Luft allein. In der gemäfsigten Zone sind die Orte des Continentalklimas von denen des Seeklimas in zwei besonderen Tafeln, Fig. 12. 14, geschieden, und diefs scheint dadurch gerechtfertigt, dafs die Form dieser Curven eine ganz andere ist. In der Tafel für den Druck der trocknen Luft (Fig. 15) sind hingegen die europäischen und asiatischen Curven einander ähnlich, und gehen so allmälig in einander über, dafs eine Sonderung willkührlich erscheinen würde. Die sich zunächst darbietende Annahme, dafs vom Winter zum Sommer hin der atmosphärische Drnck eben so regelmäfsig abnehme, als die Temperatur sich steigert, realisirt sich also in Asien unmittelbar. Jene Abnahme findet aber in Europa im Allgemeinen nur bis zum April hin statt, dann nimmt der Druck zu bis zum Herbst und

erreicht ein zweites Minimum im November, von welchem er sich dann schnell wieder erhebt. Dafs der Grund dieser Abweichung in dem beigemengten Wasserdampfe liegt, welcher das Wellenthal der Luft ausfüllt, geht unmittelbar daraus hervor, dafs nach Elimination der Elasticität desselben auch in den europäischen Curven der Figur 15 eine den Veränderungen der Wärme entsprechende stätige Zunahme und Abnahme des atmosphärischen Druckes sich zeigt. In Asien wird also das, was der Gesammtdruck der Atmosphäre durch thermische Auflockerung der Luft verliert, nicht vollständig compensirt durch das, was er mit steigender Wärme durch Zunahme der Elasticität des Wasserdampfes gewinnt (Fig. 12.). An den Küsten des atlantischen Oceans findet hingegen eine Uebercompensation statt (Fig. 14), der Gesammtdruck gewinnt durch die Zunahme der Elasticität der Dämpfe mehr, als er durch Auflockerung der Luft verliert. Im entschiedensten Seeklima, in Island nämlich, hat die jährliche Curve des atmosphärischen Druckes daher eine vollkommen entgegengesetzte Gestalt von der im Innern von Asien. Europa bildet den Uebergang aus dem einen Extrem in das andere. Käme es darauf an, eine Gränze zu ziehen zwischen dem continentalen und dem Seeklima, so möchte es da seyn, wo der im Sommer sich vermindernde Druck in einen gesteigerten übergeht. Petersburg, Moskau, Nicolajeff liegen schon jenseits dieser Scheidelinie; Wilna, Krakau, Ofen bereits diesseits.

Die Anwendung der hypsometrischen Formel setzt die Elimination periodischer Veränderungen des Luftdruckes an den Beobachtungsstationen voraus, eine Bedingung, welcher Ramond für die tägliche Periode dadurch zu genügen suchte, dafs er die Mittagsstunde zur Beobachtungsstunde vorschlug. Das Bedürfnifs dieser Elimination wird desto dringender, je gröfser der Spielraum der periodischen Oscillationen, und noch nothwendiger, wenn an den zu vergleichenden Stationen der Gang die-

ser Oscillation in entgegengesetztem Sinne stattfindet. Diefs ist hier der Fall, wenn man Orte diesseits und jenseits der Gränzlinie des Seeklimas und des continentalen mit einander vergleicht. Da in Barnaul diese jährliche Oscillation 8½ Lin. beträgt, so sieht man, welche bedeutende Fehler ohne Berücksichtigung dieser Verhältnisse in dem barometrischen Nivellement begangen werden können. Da in der Regel Reisen in den Sommermonaten unternommen werden, so folgt unmittelbar daraus, dafs man den asiatischen Stationen eine viel gröfsere Höhe über den europäischen Stationen zuschreiben wird, als ihnen in der That zukommt [1]). Die vielfachen Anomalien, welche man an der Gränze von Europa und Asien zwischen barometrischen und trigonometrischen Nivellements gefunden hat, mögen in diesen Verhältnissen mehr oder minder ihre Erklärung finden. Allerdings kannte man so stark und so regelmäfsig gekrümmte Curven, wie in Barnaul und Nertchinsk, bisher nur aus der Gegend der Moussons, man war also von der Nothwendigkeit einer Correction für die jährliche Periode nicht überzeugt. Jetzt aber, wo die Annahme, dafs das Hochland Asiens für diese Erscheinung des periodisch geänderten Luftdrucks eine Gränze nach Norden bilde, durch mehrjährige Beobachtungen widerlegt ist, wo man weifs, dafs sie am Altai mit derselben Energie sich zeigt als im Tieflande des Ganges, und viel bedeutender dort ist als an der Mündung des Missisippi, jetzt, wo bewiesen ist, dafs die barometrischen Verhältnisse von Bombay sich in Nicolajeff wiederholen, können nur jährliche Mittel zu barometrischen Nivellements der Ebenen benutzt werden.

Das in den graphischen Zeichnungen Dargestellte findet seine nähere Motivirung in den numerischen Werthen der Tabellen S. 195 bis 201. Ich habe der Berechnung derselben die zuverlässigsten neuen, mir zugänglichen Beobachtungen zum Grunde gelegt. Sie sind sämmtlich (mit

1) Vergl. Galle in diesen Annalen, Bd. XXXXVIII S. 58. 379.

Ausnahme einiger Orte der Tafel VI) für die thermische Ausdehnung corrigirt. Am meisten läfst die Tabelle IX zu wünschen übrig, weil wir noch nicht die Mittel besitzen, die für die Elasticität des Dampfes erhebliche tägliche Oscillation zu eliminiren. Ich habe zur Berechnung der Mittel die Stunden gewählt, welche mir die gröfste Annäherung zu geben schienen, glaube aber in das Detail der Rechnungen nicht eingehen zu dürfen. Da die Anzahl hygrometischer Beobachtungen überhaupt gering ist, so schien es mir am passendsten, um den Druck der trocknen Luft zu bestimmen, die jedesmal vorhandenen Jahrgänge der Elasticität des Wasserdampfes mit der längsten Reihe barometrischer Jahrgänge zu combiniren, auch wenn nicht für alle Jahre in dieser Reihe hygrometrische Beobachtungen vorhanden waren. Die Monatmittel einzelner Jahrgänge unterscheiden sich nämlich hygrometrisch weniger als barometrisch. Darin liegt die unmittelbare Rechtfertigung des angewendeten Verfahrens. Da für Lugan keine barometrischen Beobachtungen vorhanden waren, so ist die Dampfcurve von Lugan mit der barometrischen von Taganrog combinirt worden. Wegen der Nähe der Beobachtungsorte kann der dadurch begangene Fehler nur unerheblich seyn. Der neben dem Ortsnamen stehende Exponent bezeichnet die Anzahl der Jahre, aus welchen die Mittel berechnet sind.

Bestimmt man die Temperaturunterschiede des kältesten und wärmsten Monats in Réaumur'schen Graden, so findet man für Nertchinsk 38°,3, Barnaul 34°,3, Bogoslowsk 33°,1, Slatust 35°,8, Catharinenburg 28°,2, Kasan 27°,3, Archangel 25°, Moscau 22°,9, Petersburg 21°,8, Wilna 18°,2, Krakau 19°,5, Prag 18°,0, Berlin 17°,5, Regensburg 17°,3, Stuttgard 17°,9, Carlsruhe 15°,8, Mastrich 15°,3, London 12°,5. Die immer stärker werdende Krümmung der Curve des Druckes der trocknen Luft, wenn wir von den Westküsten Europas in das In-

nere von Nordasien vordringen, erläutert sich dadurch unmittelbar. Betrachten wir hingegen die Zahlen der Tabelle IX unter der Ueberschrift Oscillation, so finden wir für die asiatischen Stationen nahe dieselben Zahlen als für die europäischen, unter Oscillation den Unterschied des Monats mit höchstem Dampfdruck und dem mit niedrigstem Dampfdruck verstanden. Bei der schwachen concaven Krümmung der europäischen Curven für den Druck der trocknen Luft überwiegt daher hier die convexe Krümmung der Curve des Wasserdampfes, für die asiatischen Beobachtungsstationen tritt der entgegengesetzte Fall ein. Das verwickelte Problem in Europa löst sich einfach, wenn wir sowohl den Druck der trocknen Luft als den der Dämpfe auf eine geradlinige Abscissenaxe beziehen.

Hr. von Humboldt hat zuerst gezeigt, dafs in der Nähe des Aequators der mittlere barometrische Druck am Meeresspiegel geringer ist als in der Breite von Paris, Hr. von Buch aber auf den hohen mittleren Barometerstand in der Nähe der Canaren aufmerksam gemacht. Dafs zwischen jenen beiden Extremen ein allmäliger Uebergang stattfinde, dafs der Druck also continuirlich abnehme, wenn man in der Passatzone von den Wendekreisen sich der Gegend der Windstillen nähert, haben A. Erman und Herschel durch directe Beobachtungen gefunden, und geht ebenfalls aus den Schiffsjournalen von Ryan und Mac Hardy, Quevedo, Beechey, Horner, Spencer und Lund hervor. Die Erscheinung der Passate ist aber nicht das ganze Jahr unveränderlich an dieselbe geographische Breite fixirt, sie rückt vielmehr mit der Sonne herauf und herunter, wenn auch in weit geringerem Grade als diese. Jeder Ort der Passatzone nähert sich also im Jahre der äufseren und der inneren Gränze der Passate, oder barometrisch ausgesprochen, der Gegend hohen und verminderten barometrischen Druckes. Er mufs daher

innerhalb der jährlichen Periode eine periodische Aenderung des atmosphärischen Druckes zeigen. Je gröfser diese Verschiebung ist, desto stärker gekrümmt wird die barometrische Curve des Ortes werden. Die gröfste Verschiebung findet in der Gegend der Moussons statt, denn hier folgt der SO. Passat in der Form des SW. Mousson der Sonne bis in die Breite von 30 Grad. Hier wird also auch die barometrische Oscillation am gröfsten seyn, wie es die Curven der dritten Tafel zeigen.

Aber woher dieses weite Hinaufrücken?

Von dem westlichen Ende der Sahara bis zum östlichen der Gobi, in einer Erstreckung von 132 Längengraden, zieht sich, wie Hr. von Humboldt bemerkt, ein breiter, fast ununterbrochener wüster Gürtel durch die Mitte von Afrika, Arabien, Persien, Candahar und die Mongolei. Unter dem Einflufs einer mehr oder minder scheitelrechten Sonne nimmt aber dort der Sand durch Insolation eine Temperatur an, welche so hoch sich weder in den Prairien am Missisippi, noch in den Urwäldern des Orinoco und Amazonenstromes findet. Mit zunehmender nördlicher Declination der Sonne erhalten wir daher in Hindostan Temperaturen, wie sie von keinem anderen Orte der Erde bekannt sind (Nagpoor, Benares, Mozufferpur, Nasirabad, Seharunpur, 25° — 29° R. Mittel des Mai und Juni). Die Kraft des NO. Mousson wird dadurch vollständig gebrochen, und es bildet sich über der compacten Ländermasse Asiens ein grofsartiger Courant ascendant, welcher einerseits den SO. Passat als SW. Mousson bis an den Abhang des Himalaya hinaufzieht, andererseits in Europa im Sommer jene constante westliche Windesrichtung von dem atlantischen Oceane, der an dieser Temperaturerhöhung nicht Theil nimmt, veranlassen mag, welche den Charakter des Seeklimas im Sommer weiter in das Continent hinein verbreitet, als es ohne diese Verhältnisse seyn würde. Wenn man bedenkt, dafs in Jakutzk über einem Boden, der das

ganze Jahr hindurch bis zu einer Tiefe von 400 engl. Fufsen gefroren ist, die Luftwärme im Juli eine Höhe von mehr als 16 Réaumur'schen Graden erreicht, dafs dort, wo die mittlere Temperatur des Januar unter den Frostpunkt des Quecksilbers fällt, dieser Boden an seiner Oberfläche Lärchenwälder trägt, dafs Sommerwaizen, Roggen, Kartoffeln, Kohl und Rüben auf ihm gebaut werden, so wird die Annahme, dafs die Gegend der Windstillen temporär sich hier dem Polargürtel in einer Weise genähert hat, wie es anderswo auf der Erde nicht wieder vorkommt, nicht mehr gewagt erscheinen. Ueberlegt man ferner, dafs Christiansborg an der Guineaküste nach seinen barometrischen Verhältnissen bereits zur südlichen Erdhälfte gehört, dafs, nach Burnes (*Cabool App.* 318), von Mai bis September im Thal des Indus Südwinde herrschen, dafs auf Chusan der nördliche Mousson erst im October einsetzt, in den Sommermonaten aber Windstillen mehr vorzuherrschen scheinen als ein eigentlicher Südmousson, wenn man die in Seringapatam, Katmandu, Mussuree, Kotgurh, Simla, Darjiling, überhaupt in der Höhe in Hindostan kleiner werdende barometrische Oscillation (Repertorium, IV. S. 236) in der Barabinskischen Steppe wieder dieselbe Gröfse erreichen sieht als in dem Tieflande des Ganges, wenn die Regenzeit im südlichen Sibirien auf dieselbe Zeit fällt als am Südabhange des Himalaya, ohne dafs Winterregen sich dazwischen eindrängen, wie es an der äufseren Gränze des Passats der Fall ist, so findet die Gesammtheit dieser Erscheinungen in der Annahme eines über Süd- und Central-Asien im Sommer stattfindenden aufsteigenden Luftstroms eine ungezwungene Erklärung. Bildet diese Gegend des verminderten atmosphärischen Drucks einen Anziehungspunkt für nebenliegende Luftmassen, so erscheint sie mit allen Kennzeichen der Gegend der Windstillen, die sich daher um einen in Amerika liegenden, mehr oder minder festen Punkt in der jährlichen Periode

in der Weise dreht, dafs sie in ihrer weitesten Elongation nach Norden im Sommer bis nach Asien hineinfällt, im Winter aber nach Süden zurückweicht, wo ihr der NO. Mousson dann auf dem Fufse folgt und normale Verhältnisse wieder herstellt.

Diese Veränderung reagirt sehr erheblich auf die Witterungsverhältnisse in Europa. Die Axe der thermischen Windrose, welche im Winter den wärmsten Punkt bei SW. mit dem kältesten bei NO. verbindet, dreht sich so stark, dafs im Sommer der kälteste Punkt vielmehr auf West, der wärmste auf Ost fällt. Während im Winter die barometrischen Extreme der Windrose mit den Wärme-Extremen derselben zusammenfallen, findet diefs im Sommer nicht mehr statt. Daher ist im Winter das Barometer ein weit sicherer Führer bei der Beurtheilung der Witterung als im Sommer. Auch werden die barometrischen Windrosen mehr östlich gelegener Orte nothwendig weniger regelmäfsig als die westlicher Orte. Es ist daher unmittelbar klar, dafs man die jährliche periodische Aenderung des Luftdruckes nicht allein dem Einflusse der Windesrichtung zuschreiben darf, und wirklich zeigen die Zahlen der Tafel VIII, in welcher dieser Einflufs durch Rechnung eliminirt ist, das Unerhebliche dieser Einwirkung, wie ich bereits vor sechzehn Jahren gezeigt habe (Annalen, Bd. XI S. 583). Auch würde es vollkommen nutzlos seyn, auf die kleinen Spitzen der europäischen barometrischen Curven jetzt ein Gewicht legen zu wollen, nachdem die Gesammterscheinung als ein Uebergang erkannt worden ist zwischen den Erscheinungen des Seeklimas und denen des continentalen. Es hiefse das die besondere Configuration der Küsten Europas in diesem Problem geltend machen. Zu solchen localen Untersuchungen ist Zeit, wenn das Allgemeine scharf festgestellt seyn wird. Bleiben wird wahrscheinlich die plötzliche Einbiegung der nordasiatischen Curven (eine concave Krümmung zwischen

zwei mehr oder minder horizontalen Aesten), im Gegensatz der continuirlichen Krümmung der Orte aus dem Gebiete der Moussons. Man sieht, Nordasien wird plötzlich in einen Kreis von Erscheinungen hineingezogen, in den es nicht hinein gehört. Es ist ein gewaltsames Aufrütteln aus dem Winterschlafe, nicht der geregelte Uebergang einander gegenseitig vermittelnder Verhältnisse, es sind die schroffen Gegensätze des continentalen Klimas ohne alle Vermittelung.

Man ist gewohnt ohne weiteres den continentalen Charakter des Klimas von Nordamerika mit dem Nordasiens zu vergleichen. Ich halte diese Ansicht selbst in Beziehung auf die Temperatur für irrig. Das mit Wasserspiegeln bedeckte Nordamerika und die arktischen Länder unterscheiden sich von Asien in ihren Temperaturverhältnissen eben dadurch, dafs ihnen jene hohe Sommertemperatur fehlt. Die Juliwärme von Jakutzk, 16° bis 17° R., sucht man vergeblich am Sclavensee, in Ustjansk ist sie 12°, in Boothia nur 4°. Daher die barometrischen Verhältnisse in Amerika denen des Seeklimas viel näher. Betrachten wir nämlich die von den europäischen und asiatischen Barometercurven durchaus abweichende Gestalt der Curve von Reikiavig in Island, wo der Druck vom Februar bis zum Mai sich erhebt, und dann fast ununterbrochen bis zum December sinkt, und vergleichen wir damit (Tafel VI) die Beobachtungsstationen der Polarexpeditionen, von denen aber die Beobachtungen der Winterinsel, Melville Insel und Igloolik noch eine, wegen der constanten Temperatur der Schiffe, nicht erhebliche Correction erfordern, so finden wir hier ebenfalls ein entsprechendes Maximum im Mai. Die Auflockerung in den Sommermonaten ist zwar auch hier unverkennbar, aber es ist sehr unwahrscheinlich, dafs sie dort in der gemäfsigten Zone, wenn sie überhaupt vorhanden ist, dieselbe Gröfse erhalte als in Asien. Wenigstens zeigt sich in der sechsjährigen Beobachtungsreihe von Ancaster zwischen dem Ontario und Erie keine Spur

davon, sondern ein allmäliges Ansteigen vom Juni zum September, während die fünfjährige Reihe von St. Johns auf New Foundland sich mehr an Island anschliefst, und Cambridge in Massachusetts, wo die Beobachtungen für Temperatur corrigirt sind, den Uebergang zu europäischen Verhältnissen darstellt.

2) Tägliche Veränderungen.

Was den Antheil betrifft, welchen die Elasticität der der trocknen Luft beigemengten Dämpfe auf die Gröfse und den Gang der täglichen Oscillation äufsert, so sieht man eben so wie bei den jährlichen Veränderungen ein, dafs er sehr verschieden ausfallen wird, je nachdem der Beobachtungsort in der Nähe des Meeres oder fern von demselben gelegen ist. Für einen Ort der ersten Art habe ich durch Berechnung der Appenrader Beobachtungen (diese Annalen, Bd. XXII S. 219) gezeigt, dafs im jährlichen Mittel die tägliche Curve der Elasticität des Wasserdampfes gar keine Einbiegung zeigt, sondern ununterbrochen von der kältesten Stunde des Tages nach der wärmsten hin steigt, und von dieser an eben so ununterbrochen abnimmt, und dafs, wenn man die Aenderungen des Druckes der trocknen Luft daraus berechnet, diese das Morgenmaximum verlieren, und ebenfalls nur eine 24stündige, keine 12stündige Periode befolgen, sich also sehr nahe an die Curve der täglichen Temperaturänderungen anschliefsen. Die Beobachtungen von Plymouth haben diefs Resultat seitdem bestätigt. An Orten hingegen, welche fern vom Meere liegen, wo also kein bei Tage eintretender Seewind das ergänzen kann, was der Courant ascendant den unteren Schichten an Feuchtigkeit entführt, wird die Elasticität des Wasserdampfes, das, was die Luft durch thermische Auflockerung verliert, nicht zu ergänzen vermögen, wir haben daher zu erwarten, dafs das Maximum am Morgen für die ganze Atmosphäre wegfallen wird, wie es bei Orten

in der Nähe des Meeres nur für den von der Elasticität des Wasserdampfes gesonderten Druck der Luft stattfindet. Diefs ist nun in Barnaul in den Jahren 1838 und 1840 wirklich der Fall (nur das Jahr 1339 zeigt einen ganz unregelmäfsigen Gang), in Catharinenburg und Nertchinsk im mehrjährigen Mittel; in Slatust endlich scheint gerade die Compensation vollständig erreicht, während Petersburg und Bogoslowsk noch ein Morgenmaximum zeigen. Eliminirt man aber den Wasserdampf, so geben alle Curven die für Appenrade gefundenen Bestimmungen, wie folgende Tafeln zeigen: (Engl. Zoll)

A. Petersburg [5].

	Barometer.	El. d. Dämpfe.	Trockne Luft.	Temper. R.
8	29",9721	0",2142	29",7579	2°,278
10	,9762	0 ,2376	,7386	3 ,138
11	,9767	0 ,2560	,7207	3 ,822
2	,9725	0 ,2624	,7101	4 ,118
4	,9690	7 ,2526	,7174	3 ,694
6	,9673	0 ,2348	,7325	3 ,022
8	,9675	0 ,2148	,7527	2 ,244
10	,9679	0 ,1986	,7693	1 ,612
Osc.	0",0094	0",0638	0",0592	2°,506

B. Catherinenburg [5].

	Barometer.	El. d. Dämpfe.	Trockne Luft.	Temper. R.
8	29",0768	0",1778	28",8990	—0°,676
10	,0763	0 ,1856	,8907	1 ,056
12	,0716	0 ,1816	,8900	2 ,454
2	,0678	0 ,1798	,8880	2 ,876
4	,0663	0 ,1796	,8867	2 ,456
6	,0673	0 ,1816	,8857	1 ,308
8	,0712	0 ,1856	,8856	0 ,300
10	,0732	0 ,1854	,8878	—0 ,802
Osc.	0",0105	0",0060	0",0134	3°,678

C.

C. Slatust [1].

	Barometer.	El. d. Dämpfe.	Trockne Luft.	Temper. R.
8	28'',7608	0'',1939	28'',5667	—1°,435
10	,7609	0 ,2024	,5585	0 ,530
12	,7554	0 ,2087	,5467	2 ,185
2	,7502	0 ,2123	,5379	3 ,018
4	,7492	0 ,2122	,5370	3 ,073
6	,7515	0 ,2087	,5428	1 ,998
8	,7551	0 ,2037	,5514	0 ,233
10	,7566	0 ,1917	,5649	—1 ,423
Osc.	0'',0117	0'',0206	0'',0297	4°,508

D. Bogoslowsk [2].

	Barometer.	El. d. Dämpfe.	Trockne Luft.	Temper. R.
8	29'',2143	0'',162	29'',052	—2°,070
10	,2163	0 ,185	,031	—0 ,535
12	,2153	0 ,206	,009	0 ,645
2	,2113	0 ,215	28 ,996	1 ,245
4	,2085	0 ,212	,996	0 ,995
6	,2103	0 ,197	29 ,013	0 ,135
8	,2113	0 ,183	,028	—0 ,950
10	,2150	0 ,166	,049	—2 ,195
Osc.	0'',0078	0'',053	0'',056	3°,440

D. Nertchinsk.

	Barometer.	El. d. Dämpfe.	Trockne Luft.	Temper. R.
8	27'',7120	0'',151	27'',5610	—5°,030
10	,7105	0 ,172	,5385	—3 ,160
12	,7080	0 ,193	,5150	—1 ,640
2	,7045	0 ,209	,4955	—0 ,615
4	,7038	0 ,213	,4908	—0 ,680
6	,7040	0 ,202	,5020	—1 ,365
8	,7063	0 ,185	,5213	—2 ,470
10	,7093	0 ,176	,5333	—3 ,595
Osc.	0'',0082	0'',162	0'',0702	—4°,415

Im Wesentlichen zeigt sich also ein vollständiger Parallelismus zwischen den jährlichen und täglichen periodischen Aenderungen, nämlich eine auffallende Vereinfachung einer höchst verwickelten Erscheinung, sobald wir den Druck der trocknen Luft von der Spannkraft der

Dämpfe sondern. Wie aber bei den jährlichen Oscillationen die periodisch veränderte Windesrichtung einen, wenn auch geringen, Einflufs äufsert, so mag es eben so für die täglichen Veränderungen mitwirkende Ursachen geben, welche hier nicht mit berücksichtigt worden [1]). Aber, welche Erläuterung man auch von diesen Ursachen geben mag, das Factum jener Vereinfachung, bestätigt durch Beobachtungen von England bis Nertchinsk, steht fest, und keine Theorie dieser Erscheinungen wird davon abschen dürfen. Es ist eine wesentliche Seite des Phänomens selbst.

Dieselbe Untersuchung für die tropischen Gegenden anzustellen, wäre zur Erörterung des Phänomens höchst wichtig. Bei der constanten Richtung des Passats erscheint eine Sonderung der trocknen Luft- und Dampfatmosphäre daselbst weniger nothwendig. Darüber wird sich aber nur entscheiden lassen, wenn wir auch innerhalb der Wendekreise einen Ort des Continentalklimas mit einem des Seeklimas vergleichen können. Diefs wird aber wohl noch lange ein unerfüllter Wunsch bleiben.

1) Ich habe einige derselben in der früheren Abhandlung (Annalen, Bd. XXII S. 219) bereits näher besprochen. Da auf mehreren russischen Beobachtungsstationen jetzt stündliche Beobachtungen angestellt werden, so wird eine strengere Untersuchung des vorliegenden Problems später möglich werden.

Druck der Atmosphäre 300‴ + (Par.).

I. Seeklima.

	Jan.	Febr.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Oscill.
Palermo [20]	34,69	34,96	34,17	33,99	34,46	34,89	34,59	34,81	34,95	34,68	34,84	35,02	
Mailand [20]	33,44	33,46	32,67	31,94	32,68	32,93	33,06	33,15	33,28	33,75	33,35	33,61	
Strasburg [15]	33,13	33,45	32,91	32,45	32,52	33,41	33,17	33,35	33,63	32,98	32,87	32,70	
Carlsruhe [33]	34,55	34,61	33,96	33,30	33,56	34,08	34,10	34,14	34,18	34,18	33,88	34,20	
Stuttgard [15]	29,35	29,06	28,33	28,00	28,19	28,82	28,95	28,74	29,68	28,42	28,21	28,95	
München [12]	17,71	17,66	16,66	16,41	16,95	17,59	17,95	17,56	17,70	17,93	17,15	17,32	
Regensburg [54]	24,27	24,18	23,69	23,35	23,78	24,14	24,24	24,44	24,60	24,43	24,03	23,64	
Hof [8]	19,22	18,59	18,35	18,24	18,87	19,32	19,48	19,16	19,06	19,36	18,16	19,27	
Prag [10]	30,25	30,47	28,92	28,97	29,75	29,41	29,44	29,67	30,16	29,67	29,66	29,49	
Zittau [12]	28,27	27,97	27,24	26,70	27,60	27,73	27,82	27,62	27,94	28,87	27,78	28,31	
Freiberg [9]	22,17	22,05	21,49	20,82	22,06	21,99	22,31	21,91	21,96	22,76	21,61	21,84	
Dresden [10]	33,87	33,47	32,68	31,92	32,95	32,91	32,92	32,72	33,07	34,07	33,27	33,56	
Halle	34,53	34,00	33,19	32,90	33,61	33,67	33,92	33,44	33,99	34,93	33,92	34,29	
Berlin [11]	36,22	36,45	35,11	34,94	35,61	35,81	35,50	35,82	35,87	35,94	35,47	35,39	
(St. Bernhard [10]) 200 +	48,30	48,68	48,14	48,89	49,54	50,26	51,53	51,79	51,16	49,74	49,04	48,68	

II. (Uebergang des Seeklima in das Continentale.)

	Jan.	Febr.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Oscill.
Breslau [8]	32,29	32,36	31,71	31,26	31,57	31,96	32,02	32,09	32,15	31,68	31,35	33,19	
Ofen [4]	29,34	28,94	28,24	27,41	27,53	28,62	28,51	28,75	28,97	29,62	27,83	29,94	
Krakau [11]	30,19	30,02	28,85	28,44	28,95	29,18	29,16	28,86	29,64	30,18	29,46	29,38	
Wilna [5]	33,01	33,41	32,71	33,11	33,26	33,63	33,06	33,10	34,28	33,91	33,26	31,66	
Petersburg [13]	37,08	38,28	37,24	37,43	37,32	36,83	36,13	36,61	37,43	37,27	36,44	36,91	
– – – [5]	36,56	37,59	37,36	38,70	37,76	36,07	36,27	36,29	38,12	38,19	37,27	37,88	

III. (Continentales Klima.)

	Jan.	Febr.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Oscill.
Nicolajef [7]	38,09	37,54	36,95	35,87	35,61	35,43	35,13	35,77	36,86	37,05	37,03	37,83	2,96
Taganrog [1]	38,87	37,58	37,77	36,20	36,61	35,46	35,80	36,50	37,20	39,51	39,51	40,61	5,15
Moscau [4]	30,11	30,10	29,84	29,80	29,02	27,30	28,97	29,19	31,53	30,85	30,25	32,79	5,49
Kasan [10]	35,46	36,86	35,72	35,39	33,88	32,98	32,34	33,06	34,44	35,75	34,46	35,25	4,52
Slatust [4]	24,83	24,71	24,38	24,18	23,14	21,65	21,87	22,75	23,49	25,04	24,97	24,08	3,39
Bogoslowsk [2½]	29,36	30,74	30,32	28,51	29,14	27,45	28,38	28,61	28,90	31,22	29,53	31,02	3,77
Catherinenburg [5]	28,40	28,43	27,95	28,51	26,46	25,15	25,14	26,17	26,82	28,51	28,55	27,84	3,41
Barnaul [3]	37,39	35,95	35,31	33,64	31,56	29,69	28,89	30,01	30,85	35,35	34,64	35,72	8,50
Nertchinsk [2]	14,91	13,86	12,77	11,43	10,14	10,29	9,59	10,97	11,54	12,00	12,76	13,36	5,32

IV. (Gegend der Monsoons.)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Osc.
Chusan	42,42	42,58							38,09	39,77	39,94	41,66	
Macao [1]	40,41	40,01	39,60	37,76	37,63	35,71	35,98	35,98	37,89	38,40	39,64	40,74	4,70
Canton [10]	39,76	38,90	37,99	36,09	35,09	34,75	33,91	33,94	34,23	36,78	38,59	39,17	5,85
Calcutta [8]	38,93	36,92	35,12	33,99	32,99	31,71	31,14	31,97	33,38	34,63	36,11	37,77	7,79
Benares [3]	34,87	33,76	33,00	31,29	30,26	28,54	28,33	29,51	30,69	32,63	33,83	34,90	6,54
Mozufferpur [3]	34,29	33,61	32,32	31,40	29,74	29,17	28,84	29,40	30,25	32,13	34,13	34,22	5,45
Madras [21]	37,34	37,18	36,70	35,67	34,37	34,44	34,59	34,75	35,10	35,54	35,79	37,11	2,97
Seringapatam [1]	11,01	10,45	9,56	8,65	8,34	8,11	8,29	8,30	8,52	9,31	9,55	9,69	2,90
Punah [3]	16,25	15,29	14,73	14,23	12,56	12,45	12,87	13,49	14,35	14,69	15,76	16,03	3,60
Bombay [1]	37,97	37,66	37,16	36,20	35,68	35,07	34,17	34,41	35,34	36,71	37,12	37,26	2,90
Nasirabad [4]	20,61	19,62	18,83	17,79	16,49	15,23	14,97	15,54	16,81	18,70	20,12	20,34	5,64

V. (Aeufsere Gränze des Passat.)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Funchal [3]	38,44	37,71	37,66	37,03	38,07	38,21	37,91	37,97	37,84	38,03	37,58	39,03
Natchez [5]	35,66	34,53	33,98	33,64	33,37	33,23	33,64	33,51	33,79	34,57	35,53	35,14

VI. (Polarländer.) *).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Osc.
Port Bowen [1]	34,59	36,50	38,99	38,54	38,36	36,52	35,72	34,21	34,28	37,36	36,64	36,31	3,77
Boothia felix [2]	35,79	37,50	37,36	37,71	39,37	38,04	36,55	36,18	35,82	37,30	37,17	36,87	3,58
Melville Insel			35,56	37,54	39,01	35,79	34,05	34,70					
Winterinsel			34,27	34,81	35,90	34,60	32,56	32,16					

*) Unter Oscillation ist hier der Unterschied zwischen Januar und Mai verstanden.

	Jan.	Febr.	März.	April	Mai.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Osc.
Igloolik			38,11	37,44	36,82	37,01	32,56	35,01					
Reikiavig [14]	31,78	29,98	31,58	33,99	34,68	34,60	34,26	33,96	32,31	31,67	31,96	29,61	2,90
Eyafiord [2]	31,4	29,3	33,3	36,7	37,2	34,6	35,0	34,4	32,9	31,8	33,5	35,5	5,8
Grönländ. Meer 70° B.				35,10	36,93	36,23	36,05						
Kaafiord [2] bei Alten *)	31,89	35,14	32,79	33,81	33,84	34,26	32,21	33,83	34,87	36,42	34,03	34,29	1,95

VII. (Küsten des atlantischen Oceans.)

	Jan.	Febr.	März.	April	Mai.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Cambridge N. A.	37,70	37,66	37,78	37,58	37,52	37,57	37,77	38,02	38,51	38,34	37,54	37,01
London [20]	36,42	36,03	36,21	35,94	36,53	36,39	36,48	36,36	35,79	36,54	35,35	36,41
Paris [26]	35,68	35,56	35,12	34,46	34,67	35,34	35,27	35,17	34,95	35,03	34,75	35,30
Mastrich [16]	36,57	36,18	35,40	34,84	35,55	35,89	35,87	35,60	35,68	35,66	35,48	35,45

VIII. (Einfluſs der Windesrichtung eliminirt.)

	Jan.	Febr.	März.	April	Mai.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Reikiavig	37,43	35,47	36,86	38,43	34,24	34,14	33,81	32,67	32,07	31,30	31,25	30,34
Petersburg	37,73	38,15	36,98	37,28	37,00	36,66	35,96	36,51	37,19	37,30	36,28	37,03
Carlsruhe	34,07	34,18	33,67	33,07	33,43	33,90	33,80	34,01	34,15	34,02	33,66	33,53

IX.

Elasticität des Wasserdampfs (Par. Linien).

	Jan.	Febr.	März.	April	Mai.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Osc.
London [15]	2,42	2,59	2,89	3,31	4,06	4,76	5,43	5,46	4,85	4,01	3,18	2,84	3,04
Brüssel [2]	2,24	2,15	2,63	3,19	4,32	4,44	4,81	4,92	4,92	3,72	2,97	2,70	2,77

*) Ihles Beobachtungen von Hrn. Prof. Reich handschriftlich mitgetheilt.

Breda [2]	1,88	2,23	2,47	2,62	3,46	4,89	5,06	4,71	4,67	3,86	2,99	2,57	3,18
Mailand [1]	2,19	2,29	2,08	3,32	4,46	5,58	5,42	6,22	4,73	3,59	3,28	2,17	4,14
Carlsruhe [6]	1,78	1,94	2,13	2,44	3,48	4,74	4,84	5,12	4,38	3,44	2,58	1,97	3,34
Stuttgard [6]	1,77	2,00	2,17	2,27	3,40	4,37	4,67	4,77	4,08	3,23	2,49	2,05	3,00
München				2,67	3,89	4,05	4,32	4,54	4,37	3,34	2,23	2,11	
Hof [3]	1,39	1,50	1,65	1,97	3,07	4,06	4,20	4,29	3,78	2,80	2,25	1,78	2,90
Prag [2]	1,39	1,55	1,98	2,97	3,98	4,57	4,99	4,70	4,43	3,31	2,94	1,67	3,60
Jena [3]	1,96	2,11	2,72	2,45	3,70	4,13	4,91	4,42	4,09	2,95	2,28	2,18	2,95
Halle	2,00	2,11	2,26	2,77	3,47	4,54	5,15	4,74	4,24	3,49	2,50	2,48	3,15
Appenrade [4]	2,34	2,24	2,57	3,50	4,28	5,44	6,13	5,97	5,53	4,34	2,90	2,79	3,89
Breslau	1,66	1,69	2,13	2,70	3,85	4,67	4,93	4,96	4,34	3,32	2,40	1,78	3,30
Krakau [5]	1,16	1,46	1,57	2,23	2,90	3,69	4,25	4,19	3,55	2,78	1,75	1,50	3,09
Petersburg [5]	1,23	1,23	1,41	1,95	2,74	3,54	4,59	4,67	3,80	2,51	2,04	1,20	3,47
Lugan [3]	1,19	1,26	1,56	2,08	3,38	4,79	5,07	4,35	3,10	2,56	1,21	1,36	3,88
Kasan [1]	0,68	1,02	1,52	2,29	2,49	3,41	4,34	4,12	2,95	2,27	1,13	0,37	3,75
Slatust	0,77	0,53	1,00	1,96	2,95	4,72	4,35	4,37	3,05	1,72	1,22	0,83	4,19
Bogoslowsk [2]	0,70	0,54	0,91	1,88	3,25	4,18	4,97	4,10	2,62	1,71	0,88	0,42	4,55
Catherinenburg [5]	0,80	0,77	1,05	1,39	1,94	3,72	4,40	3,98	2,72	1,80	1,17	0,70	3,70
Barnaul				1,94	3,37	4,66	5,27	4,92	2,79				
Nertchinsk [2]	0,09	0,14	0,56	1,61	3,13	4,64	4,52	5,16	2,78	0,99	0,34	0,25	5,43

	Jan.	Febr.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Oscill.
Chusan	3,26	3,03							11,03	8,67	4,95	2,93	
Calcutta [2]	4,53	5,88	7,25	8,35	10,59	10,69	10,64	10,74	10,15	9,38	6,45	5,62	6,22
Benares [3]	4,64	4,69	4,94	5,37	6,91	0,69	11,69	11,66	10,66	8,99	6,19	4,42	7,27
Nasirabad [4]	2,22	2,48	2,48	2,70	2,97	6,58	8,57	8,52	7,24	3,77	3,23	2,78	6,35
Seringapatam [1]	5,18	5,92	6,11	7,63	7,63	7,40	7,16	6,69	6,69	7,16	6,62	5,85	2,45
Punah [3]	4,72	3,85	3,91	5,66	7,08	8,61	8,76	8,41	7,98	6,90	5,46	3,63	4,99

X.

Druck der trocknen Luft 300‴ + (Par.)

London	34,00	33,44	33,32	32,63	32,47	31,63	31,05	30,89	30,94	32,52	32,18	33,57	3,11
Brüssel	33,40	32,69	32,70	31,86	31,02	30,88	30,56	29,37	29,57	31,19	30,95	33,04	4,03
Mailand	31,25	31,17	30,59	28,62	28,22	27,34	27,64	26,94	28,55	30,16	30,07	31,45	4,11
Carlsruhe	32,77	32,67	31,83	30,86	30,08	29,34	29,26	29,02	29,80	30,74	31,30	32,23	3,75
Stuttgard	27,59	27,06	26,16	25,73	24,79	24,45	24,28	23,97	25,60	25,19	25,72	26,90	3,61
Hof	17,73	17,09	16,70	16,27	15,80	15,26	15,28	14,85	15,28	16,56	15,91	17,49	2,98
Prag	28,86	28,92	26,94	26,00	25,77	24,84	24,45	24,97	25,73	26,36	26,72	27,82	4,47
Halle	32,68	31,98	30,91	30,20	30,09	29,14	28,81	28,68	29,59	31,54	31,39	31,85	4,00
Appenrade [7]	35,23	34,27	33,76	33,01	32,16	31,00	30,41	30,47	31,33	31,73	32,37	32,48	4,82
Breslau	30,63	30,67	29,58	28,56	27,72	27,29	27,09	27,13	27,81	28,36	28,95	31,41	4,32
Krakau	29,03	28,55	27,27	26,21	26,05	25,49	24,91	24,67	26,09	27,40	27,89	27,96	4,36
Petersburg	35,33	36,37	35,95	36,75	35,03	32,53	31,67	31,62	34,32	35,69	35,23	36,67	5,13
Taganrog	37,67	36,32	36,21	34,12	33,23	30,67	30,74	32,15	34,10	36,99	38,30	39,25	8,51

Kasan	34,78	35,84	34,20	33,19	31,39	29,57	28,00	28,94	31,49	33,48	33,33	34,88	7,84
Slatust	24,06	24,18	23,37	22,23	20,19	16,93	17,53	18,38	20,44	23,32	23,75	23,24	7,25
Bogoslowsk	28,67	30,20	29,41	26,63	25,88	23,27	23,42	24,50	26,28	30,51	28,66	30,60	6,33
Catherinenburg	37,60	37,66	36,90	37,11	34,52	31,43	30,74	32,19	34,09	36,71	37,38	37,14	6,92
Barnaul *)	37,30	35,82	34,75	31,71	28,19	25,03	23,62	25,08	28,06	34,36	34,31	35,47	13,68
Nertchinsk	14,82	13,72	12,21	9,82	7,01	5,65	4,08	5,81	8,76	11,01	11,42	13,12	10,74
Chusan	39,16	39,55							27,06	31,10	34,99	38,73	12,1
Calcutta	32,80	31,12	28,69	26,93	22,15	21,52	21,32	21,78	23,57	35,93	31,06	32,01	11,48
Benares	30,19	29,20	28,11	26,08	23,35	17,92	16,35	17,94	20,16	23,56	27,73	30,36	14,01
Nasirabad	18,39	17,14	16,35	15,09	13,52	8,65	6,40	7,02	9,57	14,93	16,89	17,56	11,99
Seringapatam	5,83	4,83	3,45	1,02	0,71	0,71	1,13	1,61	1,83	2,15	2,93	3,84	5,12
Punah	11,53	11,44	10,83	8,56	5,48	3,84	4,11	5,08	6,36	8,78	10,30	12,40	8,56

*) Für Barnaul sind die sechs fehlenden Monate der Elasticität des Dampfes nach Nertchinsk interpolirt.

II. *Ueber eine Volta'sche Gas-Batterie;*
von W. R. Grove.

(Aus dem *Phil. Mag. Ser. III Vol. XXI p.* 417.)

Im *Philosophical Magazine*, Februarheft 1839, beschrieb ich einen Versuch, in welchem ein Galvanometer bei Verbindung mit zwei Platinstreifen, die von Sauerstoff enthaltenden Röhren umgeben waren, bleibend abgelenkt wurde [1]). Am Schlusse meiner Notiz sagte ich: »Ich hoffe bei Wiederholung dieses Versuchs die Zersetzung des Wassers mittelst seiner Zusammensetzung zu bewirken.« Der demnächst in demselben Jahr von mir veröffentlichte Aufsatz beschrieb eine, seitdem vom Publicum nach mir genannte Batterie, die mich auf ein anderes Gebiet der Untersuchung geleitet hat.

Als ich kürzlich meine Aufsätze durchlas, überraschte mich der obige Ausspruch. Ich glaubte, eine nicht sehr leicht zu verwirklichende Hoffnung ausgesprochen zu haben; allein nach einigen Tagen Ueberlegung sah ich die Sache klarer, und beschloſs den Versuch zu unternehmen.

Da die in jenem Aufsatz beschriebene chemische oder katalytische Wirkung bei gewöhnlichem Platin nur als stattfindend an der Linie des Zusammentreffens der Flüssigkeit, des Gases und des Platins angenommen werden konnte, so war die Hauptschwierigkeit, Etwas einer beträchtlichen Wirkungsfläche Aehnliches zu bekommen. Zu dem Ende gedachte ich zunächst, das Platinblech mit Platinschwamm, wie er in gewöhnlicher Weise durch Salmiak gefällt wird, zu bekleiden. Ich verfiel darauf durch die bekannte Wirkung des Platinschwamms auf gemischte Gase, indem dabei durch die Capillar-Anziehung, eine bedeutende Fläche von Metall und Flüssigkeit der

1) S. Annal. Bd. XXXXVII S. 132.

Wirkung der Gase ausgesetzt seyn würde. Ich halte dieses Mittel noch für das beste; da es indeſs sehr mühsam auszuführen ist, so beschloſs ich das Platin, nach der von Hrn. Smee zu einem andern Zwecke vorgeschlagenen Methode, durch Volta'sche Zersetzung des Platinchlorids zu platiniren.

Ich lieſs daher eine Reihe von 50 Paaren anfertigen, deren Gestalt und Anordnung in der Fig. 1 Taf. II gegeben ist. Es bezeichnet darin *O* die mit Sauerstoff und *H* die mit Wasserstoff gefüllten Röhren, und die dunklen Linien in der Axe der Röhren die platinirten Platinstreifen, die etwa ein Viertelzoll breit waren. Es ist klar, daſs die Flüssigkeit bei Berührung des Platins sich durch capillare Anziehung über die Oberfläche desselben ausbreitete, und somit eine ausgedehnte Oberfläche der Gas-Atmosphäre darbot. Die Batterie wurde mit verdünnter Schwefelsäure von 1,2 spec. Gew. geladen. Ihre Wirkungen waren folgende.

1) Sie gab einen Schlag, den fünf einander mit den Händen anfassende Personen fühlen konnten, und der für eine einzige schmerzhaft war.

2) Die Galvanometernadel wurde herumgeschleudert und blieb auf etwa 60° stehen; mit einer Person in der Kette stand sie auf 40°, und selbst mit zwei wurde sie noch schwach abgelenkt.

3) Zwischen Holzkohlenspitzen gab sie einen glänzenden, in vollem Tageslicht sichtbaren Funken.

4) Jodkalium, Chlorwasserstoffsäure und Wasser, das mit Schwefelsäure angesäuert worden, wurden zersetzt. Aus dem Wasser wurde so viel Gas entwickelt, daſs es aufgefangen und verpufft werden konnte. Die Gase wurden in der Richtung entwickelt, wie es die Figur angiebt, d. h. wie es die chemische Theorie und die Erfahrung anzeigen, d. h. der Wasserstoff ging in der einen Richtung durch die Kette und der Sauerstoff in der umgekehrten. Es ergab sich, daſs 26 Paare die kleinste

Anzahl war, um Wasser zu zersetzen, dafs indefs zur Zersetzung von Jodkalium schon 4 Paare ausreichten.

5) Ein Goldblatt-Elektroskop wurde beträchtlich afficirt.

6) Auch mit destillirtem Wasser geladen, wirkte die Batterie auf das Elektroskop und zersetzte Jodkalium.

7) Obwohl die Erscheinungen zu ausgezeichnet waren, um es irgend wahrscheinlich zu machen, dafs zufällige Umstände den Strom erzeugt hätten, so wurden doch sorgfältig Gegenversuche gemacht. Die Gase wurden wiederholentlich verwechselt, der Sauerstoff in die früher mit Wasserstoff gefüllten Röhren gebracht und umgekehrt. Die Wirkungen waren gleich kräftig, nur hatte der Strom die umgekehrte Richtung.

8) Alle Röhren wurden mit atmosphärischer Luft geladen: keine Wirkung.

9) Die Röhren wurden eine um die andere mit Kohlensäure und Stickgas gefüllt: ebenfalls nicht die geringste Wirkung.

10) Eine Füllung mit Sauerstoff und Stickgas gab auch keine Wirkung.

11) Mit Wasserstoff und Stickgas schwache Wirkung. Die Verschiedenheit zwischen diesem und dem vorigen Versuch war mir anfänglich ungemein auffallend, bald aber leicht erklärlich. Die der Luft ausgesetzte Flüssigkeit mufste nothwendig etwas Sauerstoff absorbiren, und dieser mufste mit dem Wasserstoff den Strom veranlassen. Diefs bestätigte sich, indem die Flüssigkeit in den Wasserstoff-Röhren stieg, nicht aber in denen, welche Stickstoff enthielten; ferner dadurch, dafs, als die einen Röhren mit Wasserstoff, und die andern blofs mit gesäuertem Wasser, ohne Gas, gefüllt wurden, ein schwacher Strom zum Vorschein kam. Mit Sauerstoff in den einen, und der Flüssigkeit in den andern erschienen keine Wirkungen.

12) Da zu den ersten Versuchen der Sauerstoff und

Wasserstoff durch Elektrolyse dargestellt waren, und Dr. Schönbein in seiner sorgfältigen Untersuchung über polarisirte Elektroden annimmt, die eigenthümliche, von ihm Ozon genannte Substanz sey ein hauptsächliches Agens, so füllte ich die Röhren mit Sauerstoff, der aus chlorsaurem Kali und Manganoxyd entwickelt worden, und mit Wasserstoff, den ich mit Zink und Schwefelsäure entwickelt hatte. Allein die Wirkungen waren dieselben.

Die Röhren waren nicht alle von gleicher Gröfse, auch nicht graduirt. Das Verhältnifs der Abnahme des Gases in den Röhren konnte daher nicht mit Genauigkeit bestimmt werden. Indefs nahmen beide Gase ab, und der Wasserstoff so viel rascher als der Sauerstoff, dafs mein Gehülfe, der mit dem Princip der Batterie unbekannt war, bemerkte, der Wasserstoff werde fast in doppelter Menge als der Sauerstoff absorbirt. Hr. Gassiot ist gegenwärtig beschäftigt eine graduirte Batterie dieser Art zu verfertigen, wodurch dieser Punkt bestimmt werden wird. Angenommen die Gase seyen an den Elektroden und an den Platten mit gleicher Leichtigkeit lösbar, würde die entwickelte Menge der absorbirten gleich seyn. Durch diese neue Batterie werden mehre sonderbare Fragen angeregt.

α) Wie ist die Wirkung nach der Contact-Theorie zu erklären? Ich hänge durchaus keiner Theorie an, und habe mich beständig bemüht mit dem Auge eines Contact-Theoristen auf die Thatsachen der Volta'schen Elektricität zu schauen; allein ich kann sie damit nicht begreifen (*I cannot see them in that light*). Wenn irgend Wahrheit in der Contact-Theorie ist, so mifsverstehe ich sie (*I either misunderstand it or my mind is unconsciously biassed*). Wo ist der Contact in diesem Versuch, wenn nicht überall? Liegt er an den Berührungspunkten der Flüssigkeit, des Gases und des Platins? Wenn dem so ist, findet dort die chemische Wirkung

statt; und da Contact immer für die chemische Wirkung nothwendig ist, so kann man allen Chemismus (*chemistry*) oder, nach der Theorie von einem universellen Plenum, alle Natur-Erscheinungen auf den Contact zurückführen. Contact mag nöthig seyn; allein wie kann er in Beziehung stehen zu einer Ursache oder einer Kraft?

β) Die Phänomene dieser Batterie haben in mir die Ueberzeugung von einer Katalysis bei der Volta'schen Kraft erweckt; mit anderen Worten, die Wirkung dieser Batterie hat dieselbe Relation zu den Erscheinungen der Katalysis als die der gewöhnlichen Batterien zu dem gewöhnlichen Chemismus (*chemistry*). Ob diese Erscheinungen von andern unoxydirbaren Metallen, z. B. Gold oder Silber, hervorgebracht werden können, verdient untersucht zu werden. Je mehr wir chemische und Volta'sche Actionen untersuchen, desto inniger finden wir sie ähnlich (*do we assimilate them*). Aus einem geheimnifsvollen Grunde scheinen drei Elemente für sehr viele, wenn nicht für alle chemischen Actionen nothwendig zu seyn.

γ) Es ist dieser Batterie eigen, dafs ihr Strom durch Gase, und zwar durch eine Synthese von gleicher, aber umgekehrter Art, sowohl an der Anode als der Kathode erregt wird; sie ist daher, theoretisch, vollkommener als irgend eine der bisher bekannten, da bei diesen nur die eine Verwandtschaft an der Anode wirkt und die andere an der Kathode überwältigt werden mufs.

δ) Diese Batterie thut dar, dafs Gase, indem sie sich verbinden und eine flüssige Gestalt annehmen, eine hinreichende Kraft entwickeln, um eine ähnliche Flüssigkeit zu zersetzen und in Gasform umzuwandeln. Diefs ist meiner Meinung nach die interessanteste Wirkung der Batterie; sie giebt solchergestalt ein schönes Beispiel von dem Zusammenhang der Naturkräfte.

Zusatz vom Herausgeber.

Der Verfasser des vorstehenden Aufsatzes wirft am Schlusse desselben den Anhängern der Contact-Theorie gleichsam den Fehdehandschuh hin, indem er fragt, wie die Wirkung seiner neuen Batterie nach dieser Theorie zu erklären sey. Ohne gerade diese Frage und die daneben erhobenen Betrachtungen umfassend beleuchten zu wollen, kann ich doch nicht umhin, Einiges darauf zu erwidern, schon um nicht durch Stillschweigen den Schein der Beistimmung zu verbreiten.

Zuvörderst möchte ich die Frage umkehren, möchte fragen: Wie ist denn die Wirkung jener Batterie nach der chemischen Theorie zu erklären? Durch eine Oxydation des vom Sauerstoff eingehüllten Platins? schwerlich; denn dann müfsten ja die in diesem Gase stehenden Platten die zinkwerthigen oder positiven Elemente seyn, während gerade umgekehrt die vom Wasserstoffgas berührten Platten sich als solche erweisen. Oder durch die gegenseitige Verbindung der beiden in den Röhren enthaltenen Gase, des Sauerstoffs und des Wasserstoffs? Doch auch wohl nicht; denn ohne Zweifel tritt der elektrische Strom unmittelbar im Moment des Schliefsens der Kette ein, und folglich, wenn man nur den Versuch besonders darauf einrichten will, ehe ein Zusammentreffen der durch die Flüssigkeit von beiden Gasen verschluckten Theile möglich ist. Oder will man endlich annehmen, die beiden Gase zersetzten die ihnen zunächstliegenden Wassertheilchen in der Art, dafs der Sauerstoff, sich mit Wasserstoff verbindend, den Sauerstoff, und der Wasserstoff, sich mit Sauerstoff verbindend, den Wasserstoff austriebe, und so fort. Das wäre denn doch eine zu unwahrscheinliche, wenn nicht gar widersinnige Hypothese. Welche Erklärungsgründe bleiben demnach der sogenannten chemischen Theorie übrig? Ich sehe durchaus keine! Wie mir scheint, kann die

Unhaltbarkeit oder Unzulänglichkeit dieser Theorie nicht einleuchtender dargethan werden, als gerade durch die zuvor beschriebene Batterie.

Betrachten wir diese nun unter dem Gesichtspunkt der Contact-Theorie. Hr. Grove findet dabei unübersteigliche Schwierigkeiten. Sind dergleichen wirklich da, so sind sie wenigstens nicht gröfser als bei der sogenannten Becquerel'schen Kette, und überhaupt bei allen aus Einem Metall und zwei dasselbe nicht angreifenden Flüssigkeiten construirten Ketten; denn die neue Kette, so interessant sie ist, unterscheidet sich doch von diesen im Wesentlichen nicht. Aber solche Schwierigkeiten sind in der That nicht vorhanden, sobald man einmal das Hauptprincip der Contact-Theorie zugiebt. Sie alle werden gehoben, so wie man daneben den alten Satz annimmt, dafs die Metalle auch durch solche Flüssigkeiten, und gerade durch solche, von denen sie keinen chemischen Angriff erleiden, in einer eigenthümlichen Weise auf ihrer Oberfläche verändert, gleichsam mit einer Schicht eines anderen Metalles überzogen werden. Dieser Satz ist keine Hypothese; er ist in vielen Fällen thatsächlich nachgewiesen [1]), und kann es vermuthlich immer werden. Nimmt man nun diesen Satz an, so ist es der Contact der veränderten Oberfläche mit dem darunterliegenden Metall, oder vielmehr, wenn das Metall zugleich zwei verschiedene Flüssigkeiten berührt (in welchem Fall es immer als ein Bogen aus zwei heterogenen Metallen anzusehen ist), der durch das unveränderte Metall vermittelte Contact der beiden verschiedenartig abgeänderten Oberflächen, der als Ursache des Stromes betrachtet werden mufs. Solch ein Contact ist in der neuen Grove'schen Kette auch vorhanden, da vorausge-

1) Ich selbst glaube dazu einen Beitrag geliefert zu haben durch die Messungen an den mit Säure und Alkali construirten Ketten aus Platin oder Platin und Eisen. (Annal. Bd. LIV S. 364 und 371.)

gesetzt werden mufs, dafs die respective mit Sauerstoff und Wasserstoff geschwängerte Flüssigkeit auf das Platin eine dasselbe verschiedentlich abändernde Wirkung ausübt. Will man dergleichen Wirkungen katalytische nennen, so ist dagegen nichts einzuwenden; aber vergessen darf man nicht, dafs es dieselben sind, welche die Anhänger der Contact-Theorie schon immer angenommen haben, ohne einen besonderen Namen dafür zu erschaffen. Es ist möglich, dafs diese Wirkungen, obwohl verschieden von den eigentlich chemischen, weil sie nicht die Vereinigung zweier Stoffe zu einem dritten herbeiführen, doch in letzter Instanz aus gleicher Ursache wie die chemischen entspringen; aber für jetzt hat man sie von diesen getrennt zu halten, so gut wie diefs mit den capillaren Wirkungen geschieht.

Dafs Hr. G., so wie mancher andere Anhänger der chemischen Theorie, an dem Worte Contact, als Ursache der galvanischen Elektricität, so viel Anstofs nimmt, scheint nur in einem Mifsverständnifs seinen Grund zu haben. Wenn Volta und seine Vertheidiger vom Contact in diesem Sinne sprechen, so kann es ihnen wohl niemals eingefallen seyn, den Contact an sich damit meinen zu wollen, sondern eine in oder bei dem Contact auftretende Kraft; und dafs es solche Kräfte giebt, die bis jetzt noch nicht mit Sicherheit auf die chemischen Verwandtschaften zurückgeführt werden können, sehen wir ja eben an der Capillarkraft, einer Kraft, die an Mächtigkeit keineswegs der galvanischen nachsteht. Indem die Voltaisten den Galvanismus von einer solchen nicht näher bezeichneten Contactkraft ableiten, verfahren sie wenigstens vorsichtig; sie halten eine unentschiedene Frage noch offen, während die Gegner dieselbe mit den Verwandtschaftskräften schon für abgeschlossen betrachten, schwerlich zum Vortheil der ferneren Ausbildung der Wissenschaft, und sicher so wenig mit Recht als frei von Hypothese; denn die Verwandtschaftskräfte sind uns nicht

minder unbekannt als es die Contactkraft seyn kann. Ich glaube kein halsstarriger Anhänger Volta's zu seyn, verhehle auch nicht, dafs dessen Lehre manches Räthselhafte einschliefst, aber noch heut wie vor Jahren bin ich der Ueberzeugung: *dafs die Contact-Theorie nicht widerlegt und die chemische Theorie nicht erwiesen ist.* Allen bisherigen Beweisen für die letztere Theorie gehen Maafs und Zahl, die wahren Grundlagen der exacten Naturforschung, ab, und so lange sie fehlen, so lange nicht andererseits die chemischen Verwandtschaftskräfte auf dieselben Grundlagen zurückgeführt worden sind, so lange dürfen die letzteren auch nicht unbedingt als Ursache des Galvanismus angesehen werden. *P.*

III. *Bildung eines wasserfreien Kupferchlorürs in der Daniell'schen Kette; von P. Jonas, Apotheker in Eilenburg.*

Wenn man zu den Elektroden einer Daniell'schen Kette, statt der Drähte, breite Kupferstreifen nimmt, und dieselben in eine einfache Auflösung von gleichen Theilen Kupfervitriol und Kupferchlorid taucht, so wird die negative derselben nicht mit metallischem Kupfer überzogen, sondern mit einem diesen ähnlich aussehenden Krystallchlorür eigener Art, welches, der atmosphärischen Luft ausgesetzt, in dreifach basisches Kupferchlorid übergeht. Auf diese Thatsache, die ein abermaliges Beispiel von der bei der Elektrolyse so häufig vorkommenden Bildung secundärer chemischer Producte liefert, habe ich bereits auf der vorjährigen Versammlung des norddeutschen Apotheker-Vereins aufmerksam gemacht [1]).

1) Der Hr. Verf. hat auch Hrn. Dr. Rammelsberg so wie mir eine Probe des erwähnten Chlorürs übersandt. *P.*

IV. *Versuche über die gebundene Elektricität; von K. W. Knochenhauer.*

(Fortsetzung von S. 49.)

Sechste Beobachtungsreihe. Ladung = 8 Lan. Fl.; Kugel O auf der Wage von 9 Par. Lin., Kugel M von $11\frac{1}{2}$ Par. Lin. Durchmesser.

Einzelne Resultate. Bei $1d$: $x = 32\frac{1}{2}°$, $32\frac{1}{2}$, 32, $32\frac{1}{2}$, $31\frac{1}{2}$, 32; bei $4d$: $x = 22\frac{1}{2}$, $22\frac{1}{2}$, $22\frac{1}{2}$, 21, 23, $22\frac{1}{2}$. Also:

$d.$	x beobachtet.	$log\ I$ beobachtet und berechnet.	x berechnet.
1	32° 10′	$log\ C + 0,4512049 - 1$	32° 10′
4	22 20	$log\ C + 0,2912984 - 1$	22 20

$log\ A = 0,6111114 - 1$; $log\ b = 0,8400935 - 1$.

Siebente Beobachtungsreihe. Ladung = 9 L. Fl.; sonst wie No. 6.

Einzelne Resultate. Bei $1d$: $x = 34°$, 33, $33\frac{1}{2}$, $31\frac{3}{4}$, 33, $33\frac{1}{2}$; bei $4d$: $x = 25\frac{1}{2}$, $25\frac{1}{2}$, $25\frac{1}{4}$, $24\frac{1}{2}$, $24\frac{1}{2}$, $24\frac{1}{4}$; bei $9d$: $x = 17$, $16\frac{1}{2}$, 17, $15\frac{3}{4}$, 16, $15\frac{1}{2}$, $15\frac{3}{4}$, $17\frac{1}{2}$; bei $16d$: $x = 10\frac{1}{2}$, $10\frac{1}{2}$, 11, 10, 10, 10, $10\frac{1}{2}$, $10\frac{1}{2}$. Also:

$d.$	x beob.	$log\ I$ beobachtet	$log\ I$ berechnet.	x ber.
1	33° 8′	$log\ C + 0,4642506 - 1$	$log\ C + 0,4680016 - 1$	33° 25′
4	23 55	$log\ C + 0,3211546 - 1$	$log\ C + 0,3136525 - 1$	23 31
9	16 22	$log\ C + 0,1555524 - 1$	$log\ C + 0,1593034 - 1$	16 31
16	10 22		$log\ C + 0,0049543 - 1$	11 35

$log\ A = 0,6223507 - 1$; $log\ b = 0,8456509 - 1$.

Die Beobachtung bei $d = 16$ wurde in der Berechnung ausgeschlossen.

Achte Beobachtungsreihe. Ladung = 8 L. F.; sonst wie No. 6.

Einzelne Resultate. Bei $2d$: $x=24^{\circ}$, 24, $24\frac{1}{2}$, $25\frac{1}{4}$, $24\frac{1}{4}$, $24\frac{3}{4}$; bei $3d$: $x=22$, $22\frac{1}{2}$, $22\frac{1}{2}$, $22\frac{1}{2}$, $22\frac{1}{2}$, $22\frac{3}{4}$, $22\frac{1}{4}$; bei $4d$: $x=20\frac{1}{2}$, $19\frac{3}{4}$, 21, $21\frac{1}{2}$, $20\frac{1}{2}$, $20\frac{1}{2}$; bei $5d$: $x=18\frac{3}{4}$, $18\frac{3}{4}$, $18\frac{3}{4}$, $18\frac{1}{2}$, 19, $18\frac{1}{2}$. Also:

d.	*x* beob.	*log I* beobachtet.	*log I* berechnet.	*x* ber.
2	24° 28′	*log C*+0,3314099—1	*log C*+0,3342669—1	24° 39′
3	22 25	*log C*+0,2928265—1	*log C*+0,2900234—1	22 17
4	20 38	*log C*+0,2566068—1	*log C*+0,2527243—1	20 27
5	18 48	*log C*+0,2159908—1	*log C*+0,2198633—1	18 58

$\log A=0{,}5311283-1$; $\log b=0{,}8607980-1$.

Neunte Beobachtungsreihe. Ladung =6 L. F.; sonst wie No. 6.

Einzelne Resultate. Bei $5d$: $x=22\frac{1}{4}{}^{\circ}$, $22\frac{1}{4}$, $21\frac{1}{2}$, $21\frac{1}{2}$; bei $4d$: $x=24$, $22\frac{1}{2}$, 23, $24\frac{1}{2}$; bei $3d$: $x=26\frac{1}{4}$, $25\frac{3}{4}$, 26, $26\frac{1}{2}$; bei $2d$: $x=29\frac{1}{4}$, 29, $28\frac{1}{2}$, $29\frac{1}{2}$; bei $1d$: $x=33\frac{3}{4}$, 34, $34\frac{1}{2}$, $34\frac{1}{2}$. Also:

d.	*x* beob.	*log I* beobachtet.	*log I* berechnet.	*x* ber.
1	34° 11′	*log C*+0,4780097—1	*log C*+0,4756381—1	34° 0′
2	29 3	*log C*+0,4063853—1	*log C*+0,4097578—1	29 16
3	26 8	*log C*+0,3599675—1	*log C*+0,3592061—1	26 6
4	23 30	*log C*+0,3134654—1	*log C*+0,3165887—1	23 40
5	21 52	*log C*+0,2819688—1	*log C*+0,2790425—1	21 44

$\log A=0{,}6346875-1$; $\log b=0{,}8409506-1$.

Die vorstehenden Versuche geben für b (den Bindungsexponenten durch Luft, wie ich die Gröſse nennen will) nahe denselben Werth, und wir erhalten, mit Ausschluſs von No. 1 und No. 4 und mit Berücksichtigung des Umfangs, den die einzelnen Reihen in der Berechnung haben, folgende Angaben:

No. 2. $\log b = 0{,}8485469-1$ und $1\frac{1}{4} \log b = 0{,}8106836-1$,
No. 3. $\log b = 0{,}8449331-1$ - $2\frac{1}{6} \log b = 0{,}6640217-1$,
No. 5. $\log b = 0{,}8519512-1$ - $2 \log b = 0{,}7039024-1$,
No. 6. $\log b = 0{,}8400935-1$ - $1 \log b = 0{,}8400935-1$;
No. 7. $\log b = 0{,}8456509-1$ - $2 \log b = 0{,}6913018-1$,
No. 8. $\log b = 0{,}8607980-1$ - $\frac{5}{6} \log b = 0{,}8839983-1$,
No. 9. $\log b = 0{,}8409506-1$ - $1\frac{1}{4} \log b = 0{,}8011882-1$,

folglich $10\frac{1}{2} \log b = 0{,}3951892-2$

und $\log b = 0{,}8471609-1$.

Bisher hatte ich die Flasche oder Batterie stets mit positiver Elektricität geladen; es blieb mir also noch übrig den Erfolg bei negativer Ladung zu bestimmen, da beide Elektricitäten beim Ausströmen aus Spitzen durch Luft nicht dasselbe Verhalten zeigen, also auch hier vielleicht verschieden seyn könnten. Hiezu:

Zehnte Beobachtungsreihe. Negative Ladung $=6$ L. F. Kugeln wie No. 6 bis 9.

Einzelne Resultate. Bei $1d : x = 32°$, 32, 32, 32, 32, $31\frac{1}{2}$; bei $2d : x = 27\frac{1}{2}$, 27, 29, 28, $28\frac{1}{4}$, $27\frac{1}{2}$; bei $4d : x = 22\frac{1}{2}$, 23, 23, $22\frac{1}{2}$, 23, 23; bei $9d : x = 16$, $16\frac{1}{4}$, 17, 17, 16, 17. Hienach:

d.	x beob.	$\log I$ beobachtet.	$\log I$ berechnet.	x ber.
1	31° 55′	$\log C + 0{,}4477690-1$	$\log C + 0{,}4468236-1$	31° 51′
2	27 52	•	$\log C + 0{,}3872211-1$	27 48
4	22 50	$\log C + 0{,}3010413-1$	$\log C + 0{,}3029261-1$	22 56
9	16 32	$\log C + 0{,}1599680-1$	$\log C + 0{,}1580256-1$	16 28

$\log A = 0{,}5907271-1$; $\log b = 0{,}8560995-1$.

Bei der Berechnung wurde der Bequemlichkeit wegen die Beobachtung $d=2$ ausgeschlossen. Der Werth von b liegt innerhalb der bisherigen Gränzen, nur scheint er etwas zu grofs. Ich stellte daher, um ganz sicher zu seyn, noch eine Versuchsreihe an mit abwechselnd positiver und negativer Ladung, wobei man nur zwischen den Abwechslungen eine längere Zeit verstreichen lassen mufs. Es ergab sich:

Elfte Beobachtungsreihe. Abwechselnd negative und positive Ladung $=6$ L. F. ; sonst wie No. 10.

Einzelne Resultate. Bei $1d$ mit negativer Ladung $x=34\frac{1}{2}^{\circ}$, 34, 36, 35, $34\frac{1}{2}$, 34, $34\frac{1}{2}$; mit positiver Ladung $x=35$, 34, 36, 35; bei $9d$ mit positiver Ladung $x=18\frac{1}{4}$, 19, $18\frac{1}{4}$, 18, $18\frac{1}{2}$, 18; mit negativer Ladung $x=17\frac{1}{2}$, $17\frac{1}{2}$, $17\frac{1}{4}$, $18\frac{1}{4}$, $17\frac{1}{2}$, 18; demnach kein sicherer Unterschied, und beide Beobachtungsweisen zusammen gaben:

$d.$	$x.$
1	34° 42′
9	18 0

$\log A = 0{,}6284361-1$; $\log b = 0{,}8561954-1$.

Fügt man beide, wie ich glaube, gute Resultate zu den obigen hinzu, so ist:

$$10\tfrac{1}{2}\log b = 0{,}3951895-2,$$
$$\text{No. 10.}\quad 2\log b = 0{,}7121990-1,$$
$$\text{No. 11.}\quad 2\log b = 0{,}7123908-1$$
$$14\tfrac{1}{2}\log b = 0{,}8197793-3$$

und $\log b = 0{,}8496434-1$ oder $b = 0{,}70736$.

Für spätere Beobachtungen bemerke ich noch, daſs ich leider den Barometer- und Thermometerstand bei den einzelnen Reihen nicht regelmäſsig notirt habe, indeſs kann man als Mittel Bar. $=27$ Zoll 3 Linien und Temp. $=22^{\circ}$ C. ansetzen.

Fassen wir die bisherigen Resultate zusammen, so findet man, $CA=E$ gesetzt, die Intensität der gebundenen Elektricität aus:

$$I=(0{,}70736)^{\sqrt{n}}\,E,$$

worin man für n die Entfernung des gebundenen Körpers vom bindenden durch 3 Par. Linien als Einheit gemessen zu substituiren, und für E einen constanten von der Gröſse der Kugeln und der ursprünglichen Intensität abhängigen Werth zu setzen hat. Dieſs giebt also

die Menge der gebundenen Elektricität bei einer Entfernung von

1×3 Par. Linien $=Eb\ =0{,}70736\,E$,
4×3 - - $=Eb^2=0{,}50037\,E$,
9×3 - - $=Eb^3=0{,}35394\,E$,
16×3 - - $=Eb^4=0{,}25036\,E$ u. s. w.

Ich stelle zum Schlusse nur noch die Frage, ob man dieses Resultat nach den bisherigen Ansichten erklären könne, oder ob man hierin nicht eine continuirliche Wirkung von dem bindenden Körper ab bis zu dem gebundenen erblicken müsse?

III. *Abhängigkeit der gebundenen Elektricität von der veränderten Intensität der bindenden.* Obschon ohne weiteres angenommen werden kann, dafs bei constanter Entfernung die Intensität der gebundenen Elektricität mit der Intensität der sie bindenden proportional wächst, so hielt ich einen Versuch zum Belege doch nicht für unnütz. Die Kugeln waren dieselben wie in II. No. 6 bis 11, und standen $\frac{1}{2}$ Zoll aus einander; der Faden der Wage war stärker als gewöhnlich, gegen 10 Mal umgedreht.

Ich erhielt an einzelnen Resultaten bei 6 L. F. $x=9\frac{3}{4}°$, 10, 10, $9\frac{1}{2}$; bei 9 L. F. $x=14$, $14\frac{1}{4}$, $14\frac{1}{2}$, $14\frac{3}{4}$; bei 12 L. F. $x=20$, 19, 19, 20, 19, $18\frac{1}{2}$, 19, 20; bei 15 L. F. $x=24$, $23\frac{1}{2}$, 25, 24. Also:

n.	*x* beobachtet.	*log I* beobachtet.	*x* berechnet.
6	9° 48′	$\log C+0{,}1541876-2$	9° 42′
9	14 26	$\log C+0{,}1465496-2$	14 32
12	19 18	$\log C+0{,}1482628-2$	19 21
15	24 8	$\log C+0{,}1490098-2$	24 10
		Mittel $+0{,}1495024-2$.	

Weiter liefs sich der Versuch nicht ausdehnen, da die Nadel ganz umsprang. Die erste Columne giebt die Zahl der Lane'schen Flaschen, welche die Ladung der Batterie bestimmen; die zweite giebt die mittleren beob-

achteten Ablenkungswinkel, die dritte I auf das Normalmaafs von 1 L. F. Ladung nach der Formel

$$n^2 I^2 = C^2 \sin\frac{x}{2} \tang\frac{x}{2}$$

oder:

$$I = \frac{C\sqrt{\sin\frac{x}{2}\tang\frac{x}{2}}}{n}$$

zurückgeführt, und in der vierten Columne endlich findet sich x aus:

$$\tfrac{1}{2}\left(\log\sin\frac{x}{2} + \log\tang\frac{x}{2}\right) = \log I + \log n - \log C$$

nach dem Mittelwerth von $\log I$ berechnet. Die Uebereinstimmung ist vollkommen.

IV. *Anziehung einer Kugel mit gebundener Elektricität in verschiedenen Entfernungen.* Nachdem ich die Quantität der gebundenen Elektricität kennen gelernt hatte, untersuchte ich zunächst die Kraft, mit welcher die Anziehung in verschiedenen Entfernungen erfolgt. Nachstehende Einrichtung entsprach meinen Wünschen. Der in Fig. 3 Taf. I abgebildete Apparat wurde gegen einen festen senkrechten Ständer geschraubt, und die gespaltene Kugel N durch einen Draht mit der Innenseite der Batterie in Verbindung gebracht. Von einem gläsernen Seitenarme des Ständers hing ferner an einem ungedrehten, 16 Zoll langen seidenen Faden ein horizontal schwebender, $2\frac{2}{3}$ Fufs langer und mit zwei messingenen Hohlkugeln an seinen Enden versehener Draht herab, der an dem metallenen Bügel in seiner Mitte ein 1 Pfund schweres Gewicht trug, von dem aus in der Verlängerung des Seidenfadens ein kurzer dünner Draht in ein gläsernes Gefäfs herabreichte; dieses Gefäfs enthielt Quecksilber, und wurde mit der äufseren Belegung der Batterie in leitende Verbindung gesetzt. Durch diese Anordnung erhielt ich einmal wegen des Gewichts einen gesicherten Stand des horizontalen Drahtes, und zwei-

tens leitete ich auf ihn die freie Elektricität der Aufsenseite der Batterie, so dafs ich die Lane'sche Flasche beibehalten konnte. Ladet man nämlich die Batterie, welche mit einer Lane'schen Flasche verbunden ist, z. B. mit positiver Elektricität, so wird von einem Schlage der Mefsflasche zum andern ein Theil positiver Elektricität aufsen an der Batterie frei, und ein ziemlich gleicher verstärkt die Intensität auf der Innenseite; läfst man diese beiden einander gegenübertreten, so hat man jedesmal beim Schlage der Lane'schen Flasche die gesuchte Wirkung rein, während sie sich ohne dieses Mittel um ein gerade nicht Unbedeutendes modificirt. Ich drehte nun den seidenen Faden des horizontalen Drahtes so viele Male herum, bis ein mäfsiges Rückstreben desselben erfolgte, und hielt ihn darauf durch einen gläsernen Stab in unverrückter Stellung; seine eine Endkugel O von 9 Par. Linien Durchmesser stand hierbei in der Verlängerung von NM (Fig. 3 Taf. I) der Kugel M von $11\frac{1}{2}$ Par. Lin. Durchmesser gerade gegenüber, und der schwebende Draht mufste sich mit O bei fortgesetzter Ladung der Batterie gegen M bewegen und dabei dieselbe entladen. Sobald die Bewegung eintrat, übte hier M in verschiedenen Entfernungen von O eine gleiche anziehende Kraft aus. Die einzelnen Beobachtungen stimmten in diesen Versuchen so scharf mit einander überein, wie ich es in keinem andern Falle wieder gesehen habe, daher gebe ich die Resultate einfach, obschon ich überall 3 bis 4 einzelne Beobachtungen anstellte. In der nachstehenden Tabelle bezeichnen die Zahlen unter d die Abstände beider Kugeln von 3 zu 3 Linien, und die Zahlen unter L. F. geben die Ladung in Lane'schen Flaschen, bis die Anziehung erfolgte:

Erster Versuch.

$d.$	L. F.	
1	9	
2	14	oder etwas mehr
3	21	
4	28	
5	35	
6	42	
7	49	
8	56	

Weiter liefs sich die Ladung der Batterie nicht mit Sicherheit treiben. Wie exact übrigens der Erfolg war, geht am besten daraus hervor, dafs ich einmal bei $d=7$ nach 48 L. F. die Maschine nicht weiter drehte und jetzt keine Anziehung erfolgte. Der seidene Faden wurde hierauf etwas zurückgedreht, und so entsprang der

zweite Versuch.

$d.$	L. F.
1	7 bis 8
2	nahe an 14
3	20
4	26 bis 27
5	33
6	40

Nach diesen Versuchen entsteht eine gleiche Anziehung bei einer der Entfernung proportionalen Ladung, ein Resultat, welches diesen Fall mit der Entladung durch den Funken eng verbindet. Die bisherigen Ansichten scheinen mir hier nicht Stich zu halten; denn es sey z. B. auf der Kugel M $I=4$ bei $d=4$, so ist die gebundene Elektricität auf Kugel $O=4\times 0{,}50037\,E$, und die Anziehungskraft k wäre $k=A.\dfrac{4\,.\,4\times 0{,}50037\,E\,.\,I}{4\,.\,4}$ $=A.0{,}50037\,E.I$, sofern A eine Constante bezeichnet. Bei $d=9$ sey $I=9$, so ist die gebundene Elektricität

auf $O = 9 \times 0{,}35394\, E$, also $k' = A.\frac{9.9 \times 0{,}35394\, E.I}{9.9}$ $= A.0{,}35394\, E.I$, während k und k' nach den obigen Versuchen gleich seyn sollten. Die ungleiche Vertheilung der Elektricität auf den Kugeln wird bei gröſseren Entfernungen sicher wenig Abhülfe schaffen.

V. *Versuche in verdünnter Luft zur Bestimmung des Bindungsexponenten b.* Nach diesen Untersuchungen, die mich wenigstens überall auf eine besondere Verknüpfung in dem Raume zwischen der bindenden und der von ihr gebundenen Elektricität hinwiesen, schien es mir das Wichtigste zu seyn, einen bestimmten Aufschluſs über das Verhalten des luftleeren Raums zu erzielen. Da ich indeſs an der Herstellung eines solchen bei meinen Mitteln von vorn herein verzweifelte, so dachte ich sogleich daran von dem bloſs luftverdünnten Raume einen Rückschluſs auf den luftleeren zu erhalten. Hierzu nahm ich, Fig. 4 Taf. I, ein gläsernes Gefäſs A, das ohne den 3 Zoll langen und $1\frac{1}{2}$ Zoll weiten Hals 8 Zoll hoch und 5 Zoll weit ist; es besitzt oben eine Messingfassung CD, auf die der Deckel EF mittelst sechs Schrauben luftdicht gesetzt werden kann. In diesem Deckel befindet sich zunächst die Stopfbüchse G mit der hohlen messingenen Röhre IH, in der eine gläserne Röhre LK, und in dieser wieder der Draht MN eingekittet ist, der unten die Kugel M von 9 Linien Durchmesser, oben die getheilte Kugel N trägt; in IK ist noch eine Theilung in $\frac{1}{4}$ Par. Zoll eingeschnitten. Ferner geht vom Deckel die anfänglich messingene, weiterhin gläserne Röhre PQ aus, die in ein Gefäſs mit Quecksilber führt, wobei der Stand desselben aus einer Skale sowohl an der Röhre als an dem Gefäſs bestimmt werden kann. Eine zweite Röhre R wird mittelst durch Kautschuck gegliederter Glasröhren mit einer Handluftpumpe verbunden. Durch den Boden des Gefäſses A kommt endlich, luftdicht und überall gut mit Schellack umschlossen, der

gebogene Draht OS; er trägt bei O eine Kugel von $8\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser, und bei S einen Ansatz mit einem konisch verjüngten Loche. Der ganze Apparat war bei den Versuchen auf einem kleinen Tische angeschraubt mit einem Loche in der Deckplatte, um OS hindurchzulassen.

Mein erster Versuch ging darauf hinaus, den Bindungsexponenten b im luftverdünnten Raume zu bestimmen. Nachdem N mit der Batterie in Verbindung war, die Kugeln um $\frac{1}{4}$ Par. Zoll von einander standen, und S mit dem Seitenarm der Drehwage communicirte, gab eine Ladung von 8 L. F. bei 27 Zoll 3,2 Linien Luftdruck die Ablenkungswinkel $x = 24°$, $23\frac{3}{4}$, $22\frac{1}{4}$, 24, $23\frac{1}{2}$, $23\frac{3}{4}$, 24, 24, $24\frac{1}{2}$, und darauf bei 13 Zoll 7 Linien Luftdruck $x = 24°$, $24\frac{1}{2}$, 24, $23\frac{1}{2}$, $23\frac{1}{2}$; also zeigte sich hier wenigstens bei den angewandten Instrumenten kein wahrnehmbarer Unterschied. Auch blieb die Nadel ganz ruhig stehen, während die Luft verdünnt wurde, und umgekehrt wieder bei der Verdichtung.

VI. *Intensität der Ladung beim Ueberschlagen des Funkens in verdünnter Luft.* Ich bestimmte hiernach die wechselnde Ladung der Batterie, wenn sie sich in verdünnter Luft über OM entlud; hierzu setzte ich nur S mit der äufseren Belegung der Batterie in Verbindung, um wieder die Lane'sche Flasche sicher gebrauchen zu können. Nach einem ersten Versuche, der zu seiner Berechnung eine complicirtere Formel verlangte, und den ich verwerfen zu müssen glaubte, weil das gehobene Quecksilber nicht ganz rein war, den ich aber späterhin beibringen werde, erhielt ich bei gutem Quecksilber, wenn Q die gehobene Säule desselben und L. F. die bis zur Entladung erforderlichen Schläge der Mefsflasche angiebt, die nachstehende

erste Beobachtungsreihe. Barom. 27 Z. 4,6 L.; Temp. 23° C. $Q = 0$, L. F. $= 42$, 42, 42, $41\frac{3}{4}$, $41\frac{1}{2}$; $Q = 3$ Zoll, L. F. $= 38$, 37, 38, 38, $37\frac{3}{4}$; $Q = 6$ Z., L. F.

$=33$; 34, $33\frac{3}{4}$, $33\frac{1}{2}$, 33; $Q=9$ Z., L. F. $=29$, 29, 29, $29\frac{1}{4}$, 29; $Q=12$ Z., L. F. $=25$, $25\frac{1}{2}$, 25, 25, 25; $Q=15$ Z., L. F. $=20\frac{1}{2}$, 21, 21, 21, $20\frac{1}{2}$; $Q=18$ Z., L. F. $=16\frac{1}{2}$, 17, $16\frac{1}{2}$, 16, 17; $Q=21$ Z., L. F. $=12\frac{1}{2}$, 12, 12, $12\frac{1}{4}$, $12\frac{1}{4}$; $Q=24$ Z., L. F. $=8\frac{1}{4}$, $8\frac{1}{4}$, 8, 8, 8; $Q=25\frac{1}{2}$ Z., L. F. $=6$, 5, 5, 5, 5. Also:

B.	I beobachtet.	x berechnet.	I berechnet.
27,4	41,85	2,36	41,91
24,4	37,75	2,45	37,69
21,4	33,45	2,39	33,48
18,4	29,05	2,33	29,26
15,4	25,10	2,52	25,04
12,4	20,80	2,46	20,83
9,4	16,60	2,47	16,61
6,4	12,20	2,34	12,39
3,4	8,05	2,39	8,17
1,9	5,20	—	6,06

$x=2,41$.

Die erste Columne giebt den Luftdruck in Par. Zollen, die zweite die zur Entladung erforderliche Intensität. Dafs diese mit dem Luftdruck nahe parallel steht, ist sogleich ersichtlich, und ich gebrauchte demnach die Formel:

$$I=y(x+B) \quad \dots\dots\dots\dots \quad (1)$$

Hierin ist y eine Constante, eben so x eine constante Quecksilbersäule, die dem Barometerstande hinzugefügt werden mufs. Setzt man nach der fortlaufenden Reihe der Beobachtungen:

$$I_1=y(x+B_1),$$
$$I_2=y(x+B_2),$$
$$\dots\dots\dots\dots$$
$$I_m=y(x+B_m),$$

so erhält man aus n Beobachtungen $n-1$ Gleichungen von der Form $I_1-I_m=y(B_1-B_m)$ oder $y=\frac{I_1-I_m}{B_1-B_m}$, und aus allen zusammen einen Mittelwerth für y, hier

$y = 1{,}406$. Mit diesem y läfst sich x zu jedem beobachteten B und I berechnen, und aus seinem Mittelwerthe wieder I nach Gleichung (1). Die Resultate sind in der dritten und vierten Columne enthalten, und zeigen bis auf $B = 1{,}9$ eine fast vollkommene Uebereinstimmung. In Rücksicht auf den letzten Werth glaubte ich einen neuen Versuch anstellen zu müssen, wobei ich die Scheibe nach und nach langsamer drehte, damit die Batterie immer in ziemlich gleicher Zeit geladen würde. So erhielt ich die

zweite Beobachtungsreihe. Barom. 27 Z. 4,3 Lin.; Temp. $22\frac{1}{2}°$ C. $Q = 0$, L. F. $= 37$, 37, 37, 37, 37; $Q = 4$ Z., L. F. $= 32$, 32, 32, $32\frac{1}{4}$, $31\frac{1}{2}$; $Q = 8$ Z., L. F. $= 27$, 27, $27\frac{1}{4}$, 27, 27; $Q = 12$ Z., L. F. $= 22\frac{1}{4}$, $22\frac{1}{2}$, 22, $22\frac{1}{2}$, 22; $Q = 16$ Z., L. F. $= 17\frac{1}{4}$, 17, $17\frac{1}{2}$, 17, $17\frac{1}{4}$; $Q = 20$ Z., L. F. $= 12$, $12\frac{1}{4}$, 12, $12\frac{1}{2}$, $12\frac{1}{4}$; $Q = 24$ Z., L. F. $= 6\frac{3}{4}$, 7, 7, $6\frac{3}{4}$, 7; $Q = 26$ Z., L. F. $= 3\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$, $3\frac{3}{4}$, $3\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$. Demnach:

B.	I beobachtet.	x.	I berechn. I.	I berechnet II.
27,36	37,00	2,08	37,08	36,29
23,36	31,95	2,07	32,05	31,80
19,36	27,05	2,16	27,02	27,18
15,36	22,25	2,31	21,99	22,42
11,36	17,20	2,29	16,96	17,52
7,36	12,20	2,31	11,93	12,46
3,36	6,90	2,14	6,90	7,27
1,36	3,55	—	4,39	4,58

$x = 2{,}19$; $y = 1{,}257$; $I_n = 36{,}96$.

Mit diesem Versuche war zwar die schnellere Abnahme von I bei geringem Luftdruck aufser Zweifel gesetzt, aber weder der Werth von x genügte mir im Vergleich zur ersten Reihe, noch konnte ich mit der Berechnung bei den mittleren Barometerständen zufrieden seyn, da mir der Ausfall gegen die Beobachtung gerade hier am wenigsten zusagte. Zudem hatte ich bei rückwärts

angestellten Beobachtungen bisweilen etwas abweichende Resultate erhalten, obschon der Barometerstand sich wenig änderte, und eben so die Temperatur in dem geräumigen Saale, worin ich experimentirte. Ich bemerkte auch wieder eine gewisse Polarisation, denn anders weiſs ich dieses Verhältniſs nicht zu bezeichnen, indem im Anfange die Entladung fast regelmäſsig etwas später erfolgte. Um allen Zweifel zu lösen, stellte ich recht sorgsam zwei neue Beobachtungsreihen an, in denen ich für jeden Stand einmal zehn einzelne Beobachtungen machte, das andere Mal vor- und rückwärts jedesmal fünf. Die Resultate sind folgende:

Dritte Beobachtungsreihe. Bar. 27 Z. 3,2 Lin.; Temp. 23° C. $Q=0$, L. F. $=47$, 47, $47\frac{1}{2}$, $45\frac{1}{2}$, 46, 46, 46, $45\frac{1}{2}$, $45\frac{3}{4}$, 46; $Q=5$ Z., L. F. $=38$, $38\frac{3}{4}$, 39, $38\frac{1}{2}$, 39, $38\frac{1}{2}$, 39, 38, $38\frac{3}{4}$, 39; $Q=10$ Z., L. F. $=31\frac{1}{2}$, 32, 31, 32, $31\frac{1}{2}$, $31\frac{3}{4}$, $31\frac{3}{4}$, $31\frac{1}{2}$, $31\frac{1}{4}$, 31; $Q=15$ Z., L. F. $=23\frac{1}{4}$, 24, $23\frac{3}{4}$, 24, $23\frac{3}{4}$, 24, $23\frac{1}{2}$, 24, $24\frac{1}{4}$, 24; $Q=20$ Z., L. F. $=15\frac{1}{4}$, 16, $15\frac{1}{2}$, $15\frac{1}{2}$, 16, $15\frac{3}{4}$, 16, $15\frac{3}{4}$, 16, $16\frac{1}{4}$. Also mit Ausschluſs der drei ersten Werthe:

B.	*I* beobachtet.	*I* berechnet.
27,24	45,78	45,99
22,24	38,65	38,83
17,24	31,51	31,40
12,24	23,85	23,68
7,24	15,80	15,66

$I_n=47{,}02$.

Vierte Beobachtungsreihe. Bar. 27 Z. 1 Lin.; Temp. $22\frac{1}{2}$° C. $Q=0$, L. F. $=31\frac{1}{2}$, $31\frac{3}{4}$, 32, 32, 32 — $31\frac{3}{4}$, 31, 32, 33, 32; $Q=5$ Z., L. F. $=27$, 27, 27, 27, 27 — $27\frac{1}{2}$, $27\frac{1}{4}$, $27\frac{1}{2}$, 27, 27; bei $Q=10$ Z., L. F. $=22$, $22\frac{1}{2}$, $21\frac{3}{4}$, $21\frac{3}{4}$, 22 — $22\frac{1}{4}$, 22, 22, 22, 22; $Q=15$ Z., L. F. $=16\frac{1}{2}$, 16, 17, $16\frac{3}{4}$, $16\frac{1}{2}$ — $16\frac{3}{4}$, $16\frac{1}{2}$, 17, $16\frac{1}{2}$, $16\frac{1}{2}$; $Q=20$ Z., L. F. $=10\frac{3}{4}$, $10\frac{3}{4}$, 11, 11, $10\frac{1}{2}$ — $11\frac{1}{4}$, $11\frac{1}{2}$, 11, $10\frac{3}{4}$, $11\frac{1}{2}$. Also:

B.	*I* beobachtet.	*I* berechnet.
27,08	31,900	32,18
22,08	27,125	27,17
17,08	21,925	21,91
12,08	16,600	16,47
7,08	11,000	10,83

$I_n = 33{,}06.$

Die bisherige Formel reicht bei diesen Reihen nicht aus, und ich brachte demnach die Berechnung unter die Form:

$$I = \frac{y(x+B)}{1+Bz} I_n \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

Darin sind y und z zwei constante Zahlen, x giebt wie bisher eine Quecksilbersäule in Zollen, und I_n ist die Intensität, welche erforderlich ist, um den jedesmaligen Zwischenraum zwischen den beiden Kugeln bei einem Normalluftdruck von 28 Par. Zoll und bei einer Temperatur von etwa 23° C. zu durchbrechen. Bei veränderter Temperatur dürfte noch ein Factor hinzukommen, den ich später im Winter zu bestimmen gedenke. Im Uebrigen gilt dann die Formel für alle Versuche, sofern nur I_n bekannt ist. Um x, y, z zu bestimmen, brachte ich die einzelnen Beobachtungen unter die Form:

$$\begin{aligned} I_1 + I_1 B_1 z &= x Y + B_1 Y \\ I_2 + I_2 B_2 z &= x Y + B_2 Y \end{aligned} \quad \ldots \ldots \quad (3)$$

u. s. w.

indem ich $y I_n = Y$ setzte. Indem ich nun die zweite dieser Gleichungen von der ersten, die dritte von der zweiten u. s. w. abzog, entsprangen aus jeder Beobachtungsreihe vier Gleichungen, die, nach der Methode der kleinsten Quadrate behandelt, z und Y lieferten; darauf nahm ich aus den fünf Gleichungen (3) den Mittelwerth von x, und bestimmte aus (1) I_n durch

$$I_n = \frac{Y(x+B)}{1+Bz},$$

in-

indem $B=28$ gesetzt wurde; endlich folgte $y=\frac{Y}{I_n}$. Auf diese Weise gab die dritte Beobachtungsreihe $x=2{,}07$, $y=0{,}0364$ und $z=0{,}00333$, die vierte dagegen $x=2{,}02$, $y=0{,}0383$ und $z=0{,}00533$. Wie man sieht, stimmen x und y ziemlich überein, weniger z, was indessen bei derartigen Versuchen kaum auffallen kann. Als vorläufige Annäherung setze ich $x=2$, $z=0{,}004$ und somit $y=0{,}0371$, da diese drei Gröfsen wegen (1) der Bedingungsgleichung

$$1=\frac{y(x+28)}{1+28z}$$

genügen müssen. Kennt man also die Intensität I_n, die bei 28 Zoll Quecks. Luftdruck eine Batterie durch einen gegebenen Raum entladet, so findet man ganz allgemein die Intensität I für einen andern Luftdruck B in Par. Zollen aus

$$I=\frac{0{,}0371(2+B)}{1+0{,}004B}I_n \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

wobei als Normaltemperatur 23° C. gilt. Den unbekannten Werth I_n geben, wenn kein besonderer Versuch vorliegt, die einzelnen Beobachtungen nach (4), umgeschrieben in

$$I_n=\frac{1+0{,}004B}{0{,}0371(2+B)}I \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

und mit dem gefundenen Mittelwerthe wird I nach (4) berechnet. Die Uebereinstimmung in den gegebenen Tabellen ist befriedigend. Damit man indefs die Allgemeingültigkeit der Formel noch besser erkenne, gebe ich zunächst noch eine Reihe, in der wegen einer Störung je fünf Werthe am Vormittage und je fünf am Nachmittage bestimmt waren, und dann noch die ursprüngliche Reihe, die, wie bemerkt, anfänglich von mir zurückgelegt worden war.

Fünfte Beobachtungsreihe. Bar. 27 Z. 2,4 Lin.; Temp. 23° C. $Q=0$, L. F. $=34$, 34, $33\frac{3}{4}$, $33\frac{1}{4}$, 33 — $32\frac{1}{4}$,

32, 32½, 32, 32½; Q=5 Z., L. F. =28, 28¾, 28, 28, 28 — 28, 27¾, 28, 28, 27½; Q=10 Z., L. F. =23, 23½, 23¾, 23, 23¾ — 22, 22, 22¼, 23, 22½; Q=15 Z., L. F. =17¼, 17, 17¼, 17¼, 17¾ — 16¾, 17, 16½, 17, 16¾; Q=20 Z., L. F. =11½, 11¼, 11½, 11¾, 11½ — 10¾, 10½, 11, 11, 11. Hiernach:

B.	I beobachtet.	I berechnet.
27,2	32,925	33,15
22,2	28,000	27,98
17,2	22,900	22,61
12,2	17,050	17,11
7,2	11,175	11,26

$I_n = 33,93.$

Sechste Beobachtungsreihe. Bar. 27 Z. 3½ Lin.; Temp. 24° C. Q=0, L. F. =36, 36, 36½, 36½, 36; Q=3,084 Z., L. F. =32½, 32½, 33, 33½, 33¼; Q=6,084 Z., L. F. =30, 29¾, 30, 29, 29½; Q=8,917 Z., L. F. =25¾, 26, 26, 26, 26¼; Q=12 Z., L. F. =22, 22, 22, 22, 22; Q=16,084 Z., L. F. =17, 17, 17, 17; Q=19,459 Z., L. F. =13, 12, 12½, 13; Q=22,584 Z., L. F. =8, 8¼, 8½, 8½. Also:

B.	I beobachtet.	I berechnet.
27,292	36,2	35,9
24,208	33,0	32,5
21,208	29,6	29,1
18,375	26,0	25,8
15,292	22,0	22,1
11,208	17,0	17,1
7,833	12,6	12,9
4,708	8,3	8,9

$I_n = 36,6.$

Die zweite Beobachtungsreihe ist gleichfalls unter II. nach der Formel berechnet. — Sieht man auf die Bedeutung der gefundenen Gleichung, so ist ziemlich leicht

begreiflich, warum die Intensität der Entladung bei vermindertem Luftdruck mit diesem proportional abnimmt. Wäre nun x nicht zu B gefügt, so würde die Intensität I_0 bei $B=0$ ebenfalls gleich Null seyn, und der leere Raum besäße eine absolute Leitungsfähigkeit. Wie aber jetzt die Sache vorliegt, ist

$$I_0=0{,}0742\,I_n,$$

und der vollkommen luftleere Raum bietet noch ein genügendes Hindernifs gegen den Durchgang der Elektricität dar. Dieses Resultat erscheint zunächst als unverfänglich; allein die Beobachtungsreihen 1, 2 und 6 lehren, dafs später bei stärker vermindertem Luftdruck die zum Uebergang erforderliche Intensität schneller abnimmt, als es die Formel voraussagt. Ich erkläre mir die Sache allein aus den Angaben von Faraday, nach denen wir mehrere Entladungsweisen zu unterscheiden haben, und denke mir demnach, dafs gegen Ende die zerreifsende Entladung in die mehr büschelförmige übergeht, und dafs bei der letzteren der Uebergangswiderstand von der Kugel in die Luft, d. h. x geringer ausfällt. Haben indefs die verschiedenen Entladungsweisen, wie nur zu wahrscheinlich ist, etwas ihnen allen Gemeinsames, so kann wohl x abnehmen, aber bei keiner ganz Null werden, und demnach halte ich die Behauptung für fast vollkommen gesichert, dafs der Uebergang der Elektricität auch im absolut leeren Raum erst nach Ueberwindung eines, wenn auch nur geringen Hindernisses stattfindet. — Was den Divisor $1+Bz$ betrifft, so könnte es vielleicht scheinen, als liefse er sich durch ein veränderliches x entfernen, was dann um so räthlicher wäre, als dieses gegen Ende ohnediefs abnimmt. Allein stellt man in der dritten Beobachtungsreihe z. B. die Gleichung (2) unter die Form $I=C(x+B)$, und berechnet, wie bei der ersten Beobachtungsreihe, zuerst C, dann x, so findet man $C=1{,}494$ und zu den einzelnen Beobachtungen $x=3{,}40=3{,}63=3{,}75=3{,}74=3{,}34$, was auf keine

continuirlich abnehmende Reihe führt. Uebrigens beachte man noch diese Werthe von x im Vergleich zu Beobachtungsreihe 1 und 2, um die Unzulässigkeit der anfänglichen einfachen Formel sogleich zu erkennen. — Wie übrigens der Divisor $1+Bx$ zu erklären ist, darüber hege ich bis jetzt nur die Vermuthung, dafs er mit einem doch etwas veränderlichen Bindungscoëfficienten b zusammenhängt; ich behalte mir vor, darüber nächstens anderweitige Versuche anzustellen. — Da die zerreifsende Kraft der Entladung nach jeder Ansicht über das Wesen der Elektricität ursprünglich zu I^2 proportional ist, so glaube ich fast, als müfste da, wo die Elektricität als Materie betrachtet wird, im Widerstand der Luft nicht I, sondern die Masse Q der Elektricität vorkommen, was von Neuem gegen diese Ansicht sprechen würde. Bei Schwingungen käme die Schwingungsdauer in Betracht, die mit der Quadratwurzel aus der Spannung $=I^2$ zusammenhängt. Doch dem sey zunächst wie ihm wolle, so glaubte ich zur weiteren Aufklärung der einmal später hier zur Sprache kommenden Verhältnisse die Menge der durch den Funken vertriebenen Luft genauer bestimmen zu dürfen.

VII. *Die Quantität der durch den Funken verdrängten Luft.* Zu diesen Versuchen nahm ich eine Glaskugel, die an zwei einander gegenüberliegenden Stellen geöffnet und mit Hälsen versehen ist; an einer dritten Stelle geht sie in eine Röhre aus, die am Ende, gerade wie beim Luftthermometer von Riefs, ein Gefäfs zur Aufnahme von gefärbtem Weingeist mit Schwefelsäure hat; nur die eine Abänderung habe ich angebracht, dafs die Röhre an ihrem Ende etwas nach unten gebogen ist, damit der untere Theil des Gefäfses mit der Röhre in einer Linie liege, da, wenigstens bei meinem Luftthermometer, der höhere Stand desselben eine bestimmte schräge Stellung der Röhre vorweg bedingt. Längs der Röhre läuft eine Skale, in der 43 Theilstriche $=72$ Par. Linien sind.

Die Hälse der Kugel sind mit Fassungen umgeben, und werden mittelst Schrauben luftdicht durch messingene Deckel geschlossen, durch welche in Glasröhren isolirte Drähte eingehen, die im Innern gegen einander verschraubten Kugeln und nach aufsen konisch verjüngte Löcher haben, zum Einstecken neuer Drähte. Bei den Versuchen, wo die Röhre etwas schräg stand, zeigte es sich bald, dafs die Empfindlichkeit des Apparates desto gröfser war, je weniger die Flüssigkeit in die Röhre eintrat; demnach erhalten wir in den verschiedenen Versuchsreihen veränderliche Constanten, und kein bestimmtes Maafs der verdrängten Luft, sondern nur ein relatives.

Erste Beobachtungsreihe. Mittelwerthe aus 3 bis 4 Versuchen:

n.	L. F.	*s.*	*x* beob.	*x* berechnet.
1	$32\frac{1}{2}$	4	4,5	4,4
2	$24\frac{1}{2}$	3	3,5	3,3
3	$47\frac{2}{3}$	4	9,2	9,5
4	35	3	6,7	6,8

$$x = aE.T = A\frac{q^2}{s}\ ;\ A = 0{,}0168.$$

Bei diesen Beobachtungen war die eine Kugel im Apparate mit der inneren, die andere mit der äufseren Belegung der Batterie verbunden, und der Abstand der Kugeln war in 1 und 2, eben so in 3 und 4 einander gleich. Die erste Columne giebt diese Ordnungszahlen an, die zweite unter L. F. die Menge q der Elektricität, die zur Ladung der Batterie bis zum Funken gebraucht wurde; die dritte Columne giebt die Zahl s der Flaschen, und die vierte endlich die Theilstriche, um wie viele die Flüssigkeit in der Röhre während der Entladung zurückwich. Die Berechnung mufs unter die Formel

$$x = aET \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

gestellt werden, worin a eine Constante, E die Entfer-

nung der Kugeln von einander, und T die Zeitdauer der Entladung bedeutet; da ich indefs E nicht unmittelbar messen konnte, so setze ich diese Gröfse, nach den Versuchen von Riefs, proportional zur Intensität oder zu $\frac{q}{s}$, und eben so nehme ich die Zeitdauer T hier, wo bei der Entladung immer dieselbe Spannung stattfindet, direct zu q proportional, und so erhalten wir auch mit Einführung einer neuen Constante A:

$$x = A\frac{q^2}{s} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Bei der Berechnung wird erst das Mittel von A gesucht, dann x aus A, q und s. Zwei andere Reihen sind:

Zweite Beobachtungsreihe.

n.	L. F.	s.	x beobachtet	x berechnet.
1	$45\frac{1}{4}$	4	13,9	13,8
2	34	3	10,8	10,4
3	28	4	5,0	5,3
4	21	3	4,0	4,0

$A = 0{,}0270$.

Dritte Beobachtungsreihe.

n.	L. F.	s.	x beobachtet.	x berechnet.
1	$26\frac{2}{3}$	4	4,0	4,7
2	$19\frac{2}{3}$	3	3,0	3,4
3	$25\frac{3}{4}$	3	5,8	5,9
4	34	4	7,4	7,7
5	$45\frac{1}{5}$	4	14,1	13,6
6	$34\frac{1}{3}$	3	11,4	10,5
7	25	3	5,5	5,5
8	$33\frac{1}{3}$	4	6,8	7,4

$A = 0{,}0266$.

Bei der Berechnung von A in der letzten Reihe wurden die beiden ersten Nummern ausgeschlossen. — Wenn man die Intensität der Batterie stärker werden läfst, als zum Durchschlagen des bestimmten Raumes erforderlich

ist, so mufs man in die Grundformel (1) für E die zum Durchbrechen des Zwischenraums erforderliche, nicht die vorhandene Intensität setzen, also wenn man jene mit $\frac{Q}{S}$ bezeichnet, die Formel umwandeln in:

$$x = A\frac{Qq}{S} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Zur Bestätigung derselben wandte ich drei Flaschen an, und liefs die Batterie sich zuerst wie früher entladen; diefs geschah bei 23 L. F.; demnach $\frac{Q}{S} = \frac{23}{3}$; darauf lud ich sie zu 30, dann zu 36 L. F., und entlud sie durch einen beweglichen Arm, der mit der einen inneren Kugel verbunden und bis dahin von der Innenseite der Batterie zurückgezogen war. Ich erhielt:

Vierte Beobachtungsreihe.

L. F.	s.	x beobachtet.	x berechn.
23	3	5,7	5,7
30	3	7,3	7,4
36	3	8,9	8,9

$A = 0{,}0321.$

Derselbe Erfolg zeigt sich auch, wenn die Entladungskette an zwei Stellen unterbrochen ist.

Meiningen, den 1. September 1842.

V. *Ueber die Anwendung des Natrium-Amalgams zu galvanischem Behufe;*
von F. C. Henrici.

(Briefliche Mittheilung vom Hrn. Verfasser.)

Harste bei Göttingen, 9 Jan. 1843.

Seit längerer Zeit war es mein Wunsch, mit einem positiveren Metalle als das Zink einige Versuche anstellen zu können, um zu sehen, welche Vergrößerung der galvanischen Effecte auf diesem Wege etwa zu hoffen seyn möchte. Prof. Wöhler erklärte sich freundlichst bereit, zu diesem Zwecke ein Natrium-Amalgam darzustellen, welches er dazu aus mehren Gründen besonders geeignet hielt. Das Amalgam wurde durch Eintauchen von Natrium in Quecksilber dargestellt, mit welchem jenes sich unter starker Licht- und Wärme-Entwicklung vereinigte. In das Quecksilber war zuvor ein dicker Messingdraht eingesenkt worden; an diesem haftete das erstarrte Amalgam so fest, dafs es, abwechselnd mit einem Zinkcylinder, ohne Schwierigkeit in die positive Zelle einer Daniell'schen Kette eingetaucht werden konnte. Der cylindrische Kupferbecher dieser Kette hatte 90 Centimeter in Höhe und 90 Centim. im Durchmesser. Zur Aufnahme der positiven Flüssigkeit diente ein poröser Thonbecher aus der Berliner Fabrik. Die Oberfläche des Amalgams (dessen Darstellung in einem irdenen Tiegel vorgenommen wurde) war zwar von der des Zinkcylinders verschieden, jedoch nicht in solchem Maafse, dafs daraus ein beträchtlicher Einflufs auf die beobachteten Resultate hervorgegangen seyn kann. Bekanntlich hat Daniell den Zinkcylinder seiner Kette allmälig bis auf ein Viertheil seiner Länge verkürzt, ohne in der

Menge der im Voltameter entwickelten Gase einen erheblichen Unterschied wahrzunehmen.

Da ich nur eine einfache Kette anwandte, so war, um eine hinreichend kräftige Wasserzersetzung zu erhalten, die Anwendung oxydabler Zersetzungsdrähte erforderlich. Ich habe demnach Messingdrähte von $\frac{7}{10}$ Millim. Dicke und 40 Millim. wirksamer Länge benutzt. Sie befanden sich in einem geräumigen, mit schwefelsaurem Wasser angefüllten Glase, die aufgerichteten wirksamen Stücke 1 Centim. von einander entfernt. Ueber dem negativen Drahte war die Gasröhre befestigt.

Als positive Flüssigkeit wurde zuerst Wasser, welchem nur wenige Tropfen Schwefelsäure zugesetzt worden, darauf concentrirte Kochsalzlösung und zum Schlufs stärker gesäuertes Wasser angewandt. Das letztere ergab zwar den gröfsten Effect mit dem Amalgam; aber die Einwirkung desselben auf dieses war so stürmisch, dafs die ganze Wirkung nur von kurzer Dauer und sehr unregelmäfsig ausfiel. Selbst das höchst schwach gesäuerte Wasser wirkte noch kräftig auf das Amalgam, die Salzlösung dagegen so mäfsig und ausnehmend ruhig, dafs sie für dergleichen Versuche besonders geeignet gehalten werden mufs. Bei jedem Wechsel der positiven Metalle wurde die Flüssigkeit erneuert. Ich lasse nun die Beobachtungsresultate folgen:

Positive Flüssigkeiten:	Gasmengen in Raumtheilen beim	
1) Höchst schwach gesäuertes Wasser	Amalgam	Zink
nach 10 Minuten	92	7
- 15 -	152	—
- 20 -	222	—
- 23 -	265	—
- 45 -	—	34
- 95 -	—	82
- 208 -	—	237

2). Concentrirte Kochsalzlösung	Amalgam	Zink
nach 5 Minuten	115	38
- 10 -	190	82'
- 15½ -	265	—
3) Stärker gesäuertes Wasser		
nach 1 Minute	30	—
- 10 -	—	51½

Diese Thatsachen bedürfen keines Commentars. Das Uebergewicht des Amalgams über das Zink erscheint als so bedeutend, dafs darin Aufforderung genug für eine weitere Verfolgung dieses Gegenstandes liegt. In der That kann es keine besondere Schwierigkeit haben, das Natrium-Amalgam in solchen Mengen und Formen darzustellen, dafs mit demselben eine Säule von einer angemessenen Zahl von Elementen gebaut werden kann. Es ist wohl nicht zweifelhaft, dafs mit einer verhältnifsmäfsig kleinen Zahl solcher Elemente ungewöhnliche Wirkungen hervorzubringen seyn werden.

VI. *Ueber die chemische Wirkung galvanischer Ströme; von Hrn.* Martens.

Mitglied der K. Acad. d. Wissenschaften zu Brüssel.

(Aus dem *Bulletin* jener Acad. (*T. IX*) vom Hrn. Verfasser übersandt.)

Ungeachtet der zahlreichen Untersuchungen, die zur Aufklärung der Theorie der Volta'schen Säule gemacht worden, sind die Physiker über die Wirkungsweise dieses interessanten physikalisch-chemischen Apparats immer noch getheilter Meinung. Nicht allein, dafs sie über die erste Quelle der Elektricitäts-Erregung in den Säulen uneins sind, haben auch Mehre abweichende Ansichten

über galvanische Erscheinungen, welche geradezu dem Versuch unterliegen, und hinsichtlich deren eine doppelte Erklärung ganz unmöglich zu seyn scheint. In seinen interessanten Untersuchungen über die Volta'sche Elektricität, welche den Gegenstand mehrer in den *Philosophical Transactions* veröffentlichten Abhandlungen ausmachen, untersucht Hr. Faraday die mehr oder weniger leichte Zersetzbarkeit verschiedener Flüssigkeiten durch galvanische Ströme, und findet dabei, dafs nicht alle durch gleich starke Ströme zersetzbar sind, dafs das Jodkalium einer der am leichtesten zersetzlichen Körper ist, und dafs immer ein zur chemischen Zersetzung der von ihm durchlaufenen Flüssigkeit zu schwacher Strom noch merklich auf das Galvanometer wirkt, so dafs die magnetische Wirkung als ein weit empfindlicheres und vor allem weit sicheres Reagenz zur Entdeckung des Daseyns eines Stromes angesehen werden mufs als die chemische, da diese, wenn der Strom sehr schwach ist, ganz fehlen kann.

Die Beobachtung des Hrn. Faraday, dafs die schwachen galvanischen Ströme zersetzbare Flüssigkeiten durchlaufen können, ohne deren Zersetzung zu bewirken, hat mir immer ungemein wichtig geschienen. Auch habe ich, um sie zu bestätigen, verschiedene, weiterhin angeführte Versuche gemacht, welche, wie ich glaube, diese Erscheinung aufser allen Zweifel setzen, so dafs man daraus schliefsen mufs, die chemische Action sey nicht so innig mit dem galvanischen Strom verknüpft als, nach Hrn. Poggendorff, die magnetische und thermische [1]). Diefs hat übrigens nichts Auffallendes, weil, nach mir, die zersetzende Wirkung einer Säule untergeordnet ist der elektrischen Polarität, welche die Bestandtheile der vom Strom durchlaufenen Flüssigkeit erleiden; nun mufs, damit eine Zersetzung statthabe, diese Polarität so stark seyn, dafs sie die chemische Verwandt-

1) Annal. der Physik und Chemie, Bd. LV S. 453.

schaft und die Trägheit der Materie, welche die Verbindung aufrecht zu halten suchen, überwinden könne. Alle Erscheinungen der von den Säulen bewirkten chemischen Zersetzungen stimmen ganz gut mit dieser Ansicht, wie ich diefs in meiner Abhandlung über die galvanische Säule gezeigt zu haben glaube [1]). Es hat daher keine Unmöglichkeit, dafs ein Strom eine Flüssigkeit, ohne sie zu zersetzen, durchlaufe, um so mehr, als es vollständig durch die Erfahrung bewiesen ist, dafs er beim Durchgang durch eine Lösung von verschiedenen zersetzbaren Substanzen, sehr wohl die eine ohne die andere zersetzen kann. So trennt ein schwacher Strom eine Säure leicht vom Oxyd, ohne deshalb die Säure oder das Oxyd selber zu zersetzen.

Hr. Poggendorff, der meine, in das *Bulletin* der Academie (1841, No. 10) eingerückte Notiz über die Passivität der Metalle und die Theorie der Volta'schen Säule in seine Annalen der Physik und Chemie (1842, No. 3) aufgenommen, hat dieser in Betreff der chemischen Wirkung der Ströme einige interessante Reflexionen hinzugefügt, mit denen ich glaube die Academie einen Augenblick unterhalten zu müssen.

Der gelehrte Berliner Professor glaubt nicht, wie Hr. Faraday und ich, dafs man einen galvanischen Strom durch eine Flüssigkeit ohne deren wirkliche Zersetzung gehen lassen könne, und, um den bisweilen bei sehr schwachen Strömen beobachteten Mangel an chemischer Action zu erklären, schreibt er ihn der Schwäche dieser Wirkung zu, vermöge welcher diese, ihm zufolge, nach Verlauf einer selbst ziemlich langen Zeit nicht wahrnehmbar ist. Um eine Idee davon zu geben, wie sonach die chemische Wirkung dem Beobachter entgehen könne, nimmt Hr. Poggendorff an [2]), sie ge-

1) *Nouv. Mém. de l'acad. roy. de Bruxell. T. XII.*

2) Annal. der Physik und Chemie, Bd. LV S. 454.

schehe bei 50 Kubikcentimetern einer wäfsrigen Flüssigkeit, und indem er von der Löslichkeit des Sauerstoff- und Wasserstoffgases ausgeht, schliefst er, dafs diese Gase sich oft nicht eher als nach mehrstündiger Wirkung eines schwachen Stromes zu entwickeln anfangen werden, da die ersten Theilchen der abgeschiedenen Gase in der angewandten Flüssigkeit gelöst bleiben. Soll aber dieser Schlufs gültig seyn, müfste man annehmen: 1) dafs jedes Gas, im Momente seiner Entwicklung selbst, der Lösekraft der *gesammten* angewandten Flüssigkeit ausgesetzt wäre, und 2) diese Flüssigkeit aus *destillirtem*, nicht *lufthaltigem* Wasser bestände. Nun ist aber für gewöhnlich beides nicht der Fall; denn erstlich kommt jedes Gas im Moment seiner Entwicklung an den Polen, die insgemein Metalldrähte sind, nur mit einer sehr kleinen Menge Flüssigkeit in Berührung, kann sich also nicht *instantan* bis zum Verschwinden für das Auge lösen, und zweitens sind die leitenden Flüssigkeiten gewöhnlich gesättigt mit atmosphärischer Luft, mit der sie in Berührung waren, und wenn es, wie gemeiniglich, concentrirte Salzlösungen sind, sind Sauerstoff- und Wasserstoffgas darin *vollkommen unlöslich*. Ich halte es demnach für unmöglich, dafs die zersetzende Wirkung eines galvanischen Stroms auf das Wasser dem Auge des Beobachters entgehen könne, selbst in den ersten Zeiten der Wirkung des Stromes. Der Versuch genügt übrigens uns davon zu überzeugen. Man nehme, wie ich gethan, eine bei 22° C. gesättigte Lösung von schwefelsaurem Natron, in einer weiten Glasröhre. Man tauche darin, einige Centimeter aus einander, zwei Platindrähte, und leite den ungemein schwachen Strom einer Cruickshanck'schen Säule von drei kleinen Plattenpaaren von 40 Quadratcentimeter hindurch. *Genau im Augenblick der Schliefsung* sieht man Gasblasen an beiden Drähten, besonders am negativen Pol, aufsteigen. Reducirt man die Säule auf zwei Elemente, so hört die chemische Wir-

kung im Allgemeinen plötzlich auf; und niemals habe ich sie bei einem einzigen Paare sichtbar machen können, wie lange der Versuch auch dauerte. Diefs beweist, dafs dann alle chemische Wirkung aufgehoben ist. Allein man kann auf eine weit auffallendere Weise zeigen, dafs die schwache Löslichkeit des Sauer- und Wasserstoffs in luftfreiem Wasser im Allgemeinen keine Verzögerung in der Entwicklung dieser Gase herbeiführen kann, selbst wenn der die Zersetzung des Wassers bewirkende Strom ungemein schwach ist. Man nehme zwei Drähte, einen von Platin und den andern von Zink, parallel neben einander befestigt, tauche sie mit der unteren Hälfte in sehr schwach gesäuertes Wasser; im Moment, wo man die zur Flüssigkeit herausragenden Enden um einander dreht, was die Herstellung eines sehr schwachen Stroms bewirkt [1]), sieht man Gasblasen an den Platindraht entweichen, obgleich gesäuertes Wasser die Gase viel besser löst als gesalzenes Wasser und concentrirte Säuren.

Allein selbst mit Hrn. Poggendorff angenommen, dafs die Gasentwicklung, wenn sie sehr langsam und sehr schwach ist, für einige Zeit dem Auge des Beobachters entgehen könne, ist diefs doch nicht mehr der Fall, sobald die chemische Wirkung die Ablagerung eines festen Körpers veranlafst, dessen Daseyn, wie gering auch seine Menge seyn mag, mit Hülfe von Reagenzien dargethan werden kann. Diefs ist wirklich der Fall bei dem Versuch, welcher mir in meinen früheren Notizen erlaubt hat festzustellen, dafs es Ströme ohne chemische Action geben könne. Verknüpft man einen Eisendraht und einen Platindraht durch Zusammendrehen ihrer einen Enden, taucht dann erstlich das freie Ende des Platindrahts

1) Ein solcher Strom möchte indefs wohl nicht gerade für einen sehr schwachen zu halten seyn. Die Stärke desselben in den einzelnen Punkten eines Querschnitts seiner Bahn ist eben so grofs als bei einer Kette aus grofsen Platten von respective Platin und Zink. *P.*

in 15 bis 20 Grm. reiner farbloser Salpetersäure von etwa 1,34 Dichtigkeit, und hierauf auch das freie Ende des Eisendrahts, so findet an diesem nicht die geringste chemische Wirkung statt, obwohl derselbe, für sich in die Säure getaucht, sogleich mit Heftigkeit angegriffen wird. Im ersten Fall, wo das Eisen und das Platin eine galvanische Kette bilden, kann man beide Drähte, wie ich gefunden, nicht bloß einige Stunden, sondern mehre Tage in der Salpetersäure lassen, ohne daß diese, bei zweckmäßiger Untersuchung mit Eisencyankalium und anderen Reagenzien, die geringste Spur von Eisen zu erkennen giebt [1]); während man einen Eisendraht nur *einen einzigen* Augenblick in die Salpetersäure von 1,34 zu tauchen braucht, damit, nach seiner Herausziehung, das Eisencyankalium das Daseyn von Eisen in derselben auf die augenfälligste Weise darthut. Ueberdieß hatte

1) Bei Anstellung dieses Versuchs sind durchaus einige Vorsichtsmaßregeln nothwendig, um sich gegen jede zufällige chemische Wirkung zu schützen. Begnügt man sich bloß, das System des Eisen- und Platindrahts mit seinen freien Enden in die Salpetersäure zu tauchen, so wird der herausragende Theil des Eisendrahts durch die beständig von der Säure aufsteigenden Dämpfe rasch oxydirt. Durch eine Art von Capillarwirkung oder Benässung, wenn ich mich so ausdrücken darf, steigt dann die Säure an dieser Oxydschicht mehr oder weniger empor; daraus entsteht salpetersaures Eisen, welches die Salpetersäure verunreinigt. Um dieser Wirkung, so wie überhaupt jeder chemischen Wirkung vorzubeugen, muß man, vor der Eintauchung der Drähte, den Eisendraht auf dem ganzen Theil, der an der Luft bleiben soll, mit einem Kitt aus Harz und Wachs überziehen. Dadurch ist jede zufällige Oxydation des Eisens verhindert, und nach 4- bis 5tägiger oder längerer Eintauchung der Drähte findet man diese, wie die Säure, in demselben Zustand wie vor dem Versuch, das heißt, es hatte keine chemische Action statt, obwohl ein galvanischer Strom vorhanden war, durch dessen Einfluß vor jeder Oxydation geschützt wurde. Freilich kann man einwerfen, daß der Strom nach einer sehr kurzen Zeit äußerst schwach oder fast Null geworden seyn müsse, da das Eisen schnell passiv wird; allein die chemische Action müßte immer zu Anfange des Versuchs stattfinden, und vor allem nach einer sehr langen Zeit sichtbar seyn.

die Säure, bei obigem Versuch, nachdem die beiden Drähte mehre Tage, im Dunklen, darin gelassen worden, nicht die mindeste Färbung angenommen; diefs beweist, dafs sie keine Zersetzung erlitten hat, und man kann noch viel weniger eine Zersetzung des Wassers zulassen, da diese Flüssigkeit weit schwerer zersetzbar ist als die Salpetersäure, und überdiefs während des Versuchs keine Gasblase an den Drähten sichtbar ist. Es ist also einleuchtend, dafs die Eisen-Platin-Kette, obwohl in der Salpetersäure einen Strom bedingend, der das Eisen vor jeder chemischen Wirkung schützt, doch zu keiner chemischen Action Anlafs giebt; sie liefert also das Beispiel eines Stroms, den man von keiner chemischen Verbindung herleiten kann.

Da die vorstehenden Versuche noch einige Zweifel an der Möglichkeit des Durchgangs galvanischer Ströme durch Flüssigkeiten, ohne Zersetzung derselben, übrig lassen könnten, so habe ich gesucht, diese Thatsachen durch andere Versuche zu unterstützen, welche diese Eigenschaft schwacher Ströme vollständig zur Evidenz bringen. Leitet man den Strom einer Säule durch eine Flüssigkeit, z. B. eine starke Lösung von schwefelsaurem Natron, die von Abstand zu Abstand durch Metallscheiben unterbrochen ist, oder in deren Axe, von Abstand zu Abstand, Drähte angebracht sind, so zersetzt der Strom bekanntlich das Wasser nicht blofs an den Polen der Säule, sondern auch an den Enden der Zwischendrähte oder an der Oberfläche der Zwischenplatten. Macht man nun den Strom sehr schwach, wendet z. B. eine kleine Cruickshanck'sche Säule von nur 6 bis 7 Plattenpaaren an, so hört, was sehr merkwürdig ist, die Wasserzersetzung an den Zwischendrähten auf, während sie an den Poldrähten fortdauert, und dennoch fährt der Strom fort, wie zuvor die Zwischendrähte zu durchlaufen; denn als ich diese Drähte durch Metallscheiben von gleichem Durchmesser mit der Flüssigkeitssäule ersetzte,

wo-

wodurch also ein Nebenbeigehen des Stromes verhütet ward, fand ich die Erscheinung unverändert geblieben, d. h. die Zersetzung fand an den Enddrähten, aber gar nicht an den dazwischen befindlichen metallischen Leitern statt. Mithin kann der Strom durch diese letzteren gehen, ohne weder das mit ihnen in Berührung stehende Wasser, noch selbst das Salz zu zersetzen; diefs kann nur dadurch erklärt werden, dafs er bei seinem Durchgang durch die Flüssigkeit zertheilt wird, dafs diese wie ein Bündel von Metalldrähten wirkt, deren jeder nur einen Theil des Stromes durchläfst. Aus dieser Zertheilung des Stroms folgt nun nothwendig, dafs die Polarität, welche er den, auf seiner Bahn in der Flüssigkeit liegenden, metallischen Leitern mittheilt, schwächer seyn mufs als an den Poldrähten der Säule, und deshalb findet die chemische Zersetzung ausschliefslich an den letzteren statt, sobald der Strom sehr schwach ist. Was beweist, dafs die Erscheinung so ausgelegt werden müsse, ist: dafs wenn man statt einer continuirlichen Flüssigkeitssäule eine *discontinuirliche* nimmt, indem man vier oder fünf kleine hufeisenförmige Glasröhren mit starker Lösung von schwefelsaurem Natron füllt, und unter einander durch ähnliche Metalldrähte, wie die als Elektroden oder Pole functionirenden, verbindet, alsdann, beim Durchgang eines Stroms durch diesen heterogenen, abwechselnd wäfsrigen und metallischen Leiter, die chemische Zersetzung an den intermediären Drähten immer denen an den äufseren oder den Elektroden gleich ist, dafs sie beständig mit dieser anfängt und aufhört, und dafs es in allen Fällen, wie auch der Zustand des Stromes seyn mag, unmöglich ist, die chemische Zersetzung des Wassers an den Polen der Säule zu bewirken, ohne dafs sie auch nicht an den Zwischendrähten stattfindet. Weil hier der mittelst der Poldrähte in die Flüssigkeit geleitete Strom sich nicht zertheilen kann bei seinem Durchgang durch die intermediären Drähte, die ich den

ersteren gleich genommen hatte, muſs er sie gänzlich durchlaufen, d. h. mit seiner ursprünglichen Intensität, und deshalb sind seine Wirkungen überall dieselben. Ersetzt man aber, wie ich gethan, die einfachen Drähte zwischen den Hebern durch Bündel von 10 bis 12 Drähten, so daſs der Strom sich zwischen ihnen theilen muſs wie zuvor zwischen der Flüssigkeitssäule, so gewahrt man deutlich, daſs, bei schwacher Wirkung der Säule, die chemische Zersetzung nur an den End- oder Poldrähten stattfindet und keineswegs an den Zwischendrähten [1]). Nimmt man hierauf wieder, statt eines der Drahtbündel, einen einfachen bogenförmig gekrümmten Draht, ähnlich den äuſsersten Drähten oder Elektroden, so beginnt wieder, wie ich beobachtet habe, die Zersetzung des Wassers an den Enden dieses Drahts, während sie an den Enden der dicken Drahtbündel Null bleibt. Diese Versuche, die ich mehr als einmal wiederholt, haben mir immer dasselbe Resultat gegeben; sie liefern in meinen Augen den einleuchtendsten Beweis, daſs ein Strom durch eine Flüssigkeit gehen kann, ohne sie zu zersetzen, weil der Strom beim Durchgang durch die Flüssigkeit der kleinen intermediären Heber, die durch Drahtbündel mit einander verbunden waren, diese Flüssigkeit durchaus nicht zersetzte, während er die Zersetzungen derjenigen bewirkte, welche mit den einfachen, als Pole der Säule dienenden Drähten in Berührung stand.

Es giebt noch einen Punkt in der chemischen Action der Ströme, über welche die Meinungen getheilt sind, ich meine die Ursache, welche die Zersetzung wäſsriger

1) Zwar könnte noch in diesem Falle an den Enden der Bündel, welche in den äuſsersten Hebern den Elektroden gegenüberstehen, eine schwache Zersetzung auftreten, wegen der Fortführung der Bestandtheile des zerlegten Körpers nach den entgegengesetzten Polen; allein sonstwo überall, d. h. in den kleinen intermediären Hebern, ist sie Null, wie lang übrigens der Versuch dauern mag; so daſs man nicht einmal eine *latente* Zersetzung annehmen kann, die dem Gesichte entginge wegen der Eigenschaft mehrer Metalle, mehr oder weniger Luft an ihrer Oberfläche zu condensiren.

Flüssigkeiten unter dem Einflufs oxydirbarer Elektroden sehr leicht macht durch eine einfache galvanische Kette, während sie bei Gegenwart von Platin-Elektroden im Allgemeinen nur mit Hülfe mehrer Plattenpaare kräftig zu bewerkstelligen ist. Diese, nach Hrn. Poggendorff[1]), schon lange bekannte Erscheinung, hatte die Aufmerksamkeit der Physiker so wenig auf sich gezogen, dafs sie im Allgemeinen unbekannt geblieben war, und, ich glaube, niemand vor mir hat daran gedacht, eine Erklärung davon zu geben. Da ich sie bei meinen Versuchen über die zersetzende Wirkung der Ströme (S. mein *Mémoire sur la pile galvanique*, *p*. 44 und 45) mehrmals beobachtet hatte, so glaubte ich, sie sey eine Folge der Art, wie die Ströme die Zersetzung der Körper bewerkstelligen. Erwägend alsdann, dafs diese Zersetzung nur mittelst einer Kraft geschehen könne, welche im umgekehrten Sinne wie die, die Verbindungen zusammenhaltende Verwandtschaft wirkt, und dafs in den Säulen diese Zersetzungskraft desto kräftiger ist als die Säule aus einer gröfseren Zahl von Plattenpaaren besteht, glaubte ich voraussetzen zu müssen, dafs in dem Fall wo die galvanische Kraft zu schwach sey, um für sich selbst die Zersetzung des Wassers zu bewirken, die gleichzeitige Wirkung einer anderen, in gleichem Sinne wie die erste wirkende Kraft wohl eine Zersetzung veranlassen könne, welche die galvanische Wirkung allein nicht zu bewerkstelligen vermöge; in gleicher Weise wie, wenn die chemische Verwandtschaft allein unfähig ist eine Zersetzung zu bewirken, wir oft sehen, dafs die Mitwirkung anderer Kräfte, wie die aus der Cohäsion, der Flüchtigkeit u. s. w. entspringenden, eine chemische Zer-

1) Annal. 1842, Bd. LV S. 450. — Ich habe nicht zu den Quellen zurückgehen können, um zu erfahren, auf welche Weise die besagte Erscheinung zuerst von den HH. Maréchaux und Faraday angegeben worden ist. (Auch Hr. De la Rive hat sie beobachtet, *Ann. de chim. et de phys.* 1828, *T. XXXVII p.* 282. *P.*)

setzung bedingen, welche ohne Hülfe dieser Kräfte nicht zu Stande kommen würde. Nun mufs, nach mir, bei Anwendung oxydirbarer Elektroden, die Verwandtschaft dieser zum Sauerstoff nothwendig die Zersetzung des Wassers begünstigen; ich wurde also dahin geführt, dieser Verwandtschaft die ungemeine Leichtigkeit der Wasserzersetzung zuzuschreiben, welche die einfachsten und kleinsten Ketten zeigen, sobald eine der Elektroden oxydirbar ist. Ich fand bald eine Bestätigung meiner Ansicht in dem sinnreichen Versuch des Herrn Grove, wobei die Zersetzung des Wassers durch eine einzige Kette mit Platin-Elektroden gelang, wenn letztere Gase berührten, die durch ihre respectiven Verwandtschaften die Zersetzung dieser Flüssigkeit begünstigen mufsten. Allein Hr. Poggendorff, von einem anderen Gesichtspunkt ausgehend, schreibt in diesem Fall die Zersetzung des Wassers nicht der Dazwischenkunft besagter Affinitäten zu, sondern glaubt sie davon herrührend, dafs der Strom der angewandten Kette verstärkt werde durch einen Strom, der von den durch ihre Eintauchung in verschiedene Gase im umgekehrten Sinne polarisirten Platin-Elektroden ausgeht, so dafs, nach ihm, die Kette des Hrn. Grove nicht mehr eine *einfache*, sondern eine doppelte oder zusammengesetzte ist. Diefs ist jedoch nicht, wie er sagt, die Meinung des Hrn. Grove selber; denn Hr. Becquerel, indem er dem französischen Institut über die Entdeckung des Hrn. Grove berichtet, drückt sich im Namen des Letzteren so aus: Bisher hat man noch nicht das Wasser zersetzen können mit zwei Platinplatten, die jede mit einem der Elemente einer Volta'schen, mit gesäuertem Wasser functionirenden Kette verbunden waren. Hr. Grove ist dahin mittelst eines sehr einfachen Verfahrens gelangt, er nimmt zwei Glasröhren u. s. w. (*Compt. rend. T. VIII p.* 497). In der angeführten Note schreiben die HH. Becquerel und Grove die Zersetzung des Wassers beim vorstehenden

Versuch dem Umstand zu, daſs der Strom der Volta'schen Kette gleiche Richtung hat wie der, welcher aus der langsamen, an den Platin-Elektroden stattfindenden Verbindung des Wasserstoffs und Sauerstoffs entspringt; allein der Einfluſs dieser chemischen Verbindung auf die Intensität des Stroms kann offenbar nicht eher sich merkbar machen als das Wasser schon eine anfangende Zersetzung erlitten hat, in Folge welcher die zu verbindenden Gase in deren Gegenwart gebracht werden. Mithin kann die anfangende oder ursprüngliche Zersetzung des Wassers, abgesehen vom Spiel der Verwandtschaften, nur allein vom Strom der angewandten Volta'schen Kette bewirkt seyn, eine Kette, die nothwendig als *einfach* betrachtet werden muſs, wenigstens wenn man nicht die kleine, ganz unbedeutende Kette, welche, nach Hrn. Poggendorff, aus der, durch ihre Berührung mit dem Wasserstoff- und Sauerstoffgas erlangten Polarität der Elektroden hervorgehen kann, für eine zweite Kette nehmen will [1]). Allein selbst angenommen den Einfluſs dieser Polarität, so wie auch den der langsamen Verbindung, die während des Versuchs geschieht, glaube ich, daſs die galvanische Action, welche aus der einen oder andern dieser Ursache entspringen kann, dermaſsen schwach

1) Sie ist es aber wirklich, wie Hr. Grove schon früher (Annalen, Bd. XXXXVII S. 132; *Philosophical Magazine, Vol. XIV p.* 130) und, in erhöhtem Maaſse, erst ganz neuerlich (S. 202 dieses Hefts) gezeigt hat, und folglich ist auch die Wasserzersetzung in dem erwähnten Versuch das Resultat der Wirkung zweier Ketten. — Wenn dieſs in den *Compt rend.*, wie ich zugeben will, auch nicht klar ausgesprochen ist, obwohl auch hier von zwei Strömen die Rede ist, so scheint mir doch aus der angeführten Stelle in dem *Philosophical Magazine*, wo Hr. Grove neben der sogenannten Platin-Gas-Kette auch den besagten Versuch beschreibt, hervorzugehen, daſs dieſs seine Meinung sey, denn es heiſst darin unter andern: *when the platina was not assisted by a pair of metals ectr.;* und in der That, konnte Derselbe, nachdem er die Wirkung jener Platinkette für sich beobachtet hatte, kaum eine andere Meinung haben.

P.

ist, dafs sie nicht in merklicher Weise auf die chemische Action des von der Volta'schen Kette erzeugten Stromes einwirken kann, da dieser hier sehr stark seyn mufs, um die Zersetzung des Wassers zu bewirken, wie wir bald zu erweisen Gelegenheit haben werden.

Um mich durch den Versuch zu überzeugen, bis zu welchen Punkt die elektrische Polarität, welche die Platin-Elektroden bei dem Versuch des Hrn. Grove durch ihren Contact mit verschiedenen Gasen annehmen können, auf die Zersetzung des Wassers einwirke, verfiel ich darauf, den Versuch des Hrn. Grove in der Art zu wiederholen, dafs ich die Platin-Elektroden in ein und dasselbe Gas tauchte, um jede Dazwischenkunft eines aus dem Contact zweier verschiedenen Gase mit den Elektroden entspringenden Stroms zu verhüten. Es handelte sich darum, Gase zu nehmen, welche durch ihre Verwandtschaft zu dem einen oder anderen Bestandtheil des Wassers die Zersetzung dieses letzteren begünstigen mufsten. Ich nahm also eine sehr kräftige Wollaston'sche Kette, bestehend aus einem platten rechteckigen Kasten von Kupfer, 48 Centim. hoch und 44 breit, voll Wasser, gesäuert mit $\frac{1}{30}$ Schwefelsäure und $\frac{1}{80}$ Salpetersäure, und tauchte darin eine wohl amalgamirte, fast quadratische Zinkplatte von 42 Centim. in Seite, versehen an den Enden mit Holzklötzchen, um sie vom Kupfer entfernt zu halten. Die beiden Elemente hatten oben kleine Näpfe, respective von Kupfer und Zink, in welche ich, nachdem sie mit Quecksilber gefüllt waren, die als Elektroden dienenden Platindrähte eintauchte. Obgleich diese Kette so kräftig war, dafs sie einen dünnen Platindraht von mehr als einen halben Zoll Länge zum dunklen Rothglühen brachte, so konnte sie doch nicht die Zersetzung des Wassers zwischen den Platin-Elektroden bewirken, es mochte diefs Wasser mit Schwefel- und Salpetersäure angesäuert, oder bei 20° C. mit schwefelsaurem Natron gesättigt worden seyn, obwohl

die letztere Lösung, wie mir andere Versuche gezeigt, äufserst schwache Ströme zu leiten vermag. Ich ordnete alsdann die Platin-Elektroden so an, dafs sie zum Theil in der Salzlösung waren, zum Theil aber in Stickstoffoxydgas, dessen Gegenwart mir vermöge seiner Verwandtschaft zum Sauerstoff die Zersetzung des Wassers schien begünstigen zu müssen; allein die galvanische Action bewirkte noch keine Zersetzung. Eben so verhielt es sich, wenn ich, statt des Stickstoffoxyds entweder Wasserstoff oder Sauerstoff nahm. Es gelang auch nicht eine Wasserzersetzung zu bewirken, wenn ich, wie Hr. Grove that, partiell die eine Elektrode in Sauerstoff und die andere in Wasserstoff tauchte, was uns zeigt, dafs eine einfache Volta'sche Kette äufserst kräftig seyn mufs, wenn sie die Wasserzersetzung zwischen Platin-Elektroden bewirken soll, selbst wenn das Daseyn anderer Gase diese Zersetzung zu begünstigen scheine [1]. Ersetzte ich dagegen meine grofse Wollaston'sche Kette durch eine kleine Cruickschanck'sche Säule aus drei Paaren kleiner quadratischer Platten von 6 Centim. Seite, deren Strom den eben erwähnten feinen Platindraht nicht merklich zu erhitzen vermochte, erhielt ich augenblicklich beim Schliefsen der Kette eine Entwicklung von Sauerstoff und Wasserstoff an den in der Lösung von schwefelsaurem Natron stehenden Platin-Elektroden.

Dieser vergleichende Versuch zeigt klar, dafs jeder galvanische Strom einen gewissen Grad von Spannung oder Intensität haben mufs, wenn er, für sich wirkend,

1) Ich bin geneigt zu glauben, dafs es, um durch eine einfache Kette, ohne Dazwischenkunft einer kräftigen chemischen Verwandtschaft, Wasser mit Leichtigkeit zwischen Platin-Elektroden zu zersetzen, im Allgemeinen einer sehr wirksamen Grove'schen Kette aus Platin und amalgamirtem Zink bedarf. Uebrigens kann eine solche Kette, nach Hrn. Poggendorff (Ann. Bd. LV S. 450), schon ohne Vermittlung von Wasserstoff und Sauerstoff, eine schwache Wasserzersetzung bewirken.

Wasser zersetzen soll, und dafs in Ermanglung dieser Intensität die Zersetzung nur dann erfolgen kann, wenn eine andere Kraft ihm zu Hülfe kommt und kräftig mitwirkt zu dieser Zersetzung. Auch die schwächsten der einfachen Ketten, diejenigen, welche einzig aus genugsam heterogenen Metalldrähten gebildet sind, reichen im Allgemeinen zur Wasserzerzetzung hin, sobald die positive Elektrode sehr oxydirbar ist [1]).

Hr. Poggendorff will nicht, mit mir, zugeben, dafs es die chemische Verwandtschaft dieser Elektrode zum Sauerstoff sey, welche in diesem Falle, zur Bewirkung der Zersetzung beiträgt; er leitet diese davon ab, dafs die Platin-Elektroden den Strom mehr schwächen als oxydirbare Elektroden [2]). Damit, bei dem Wirkungsprincipe der Säule, diese Schwächung des Stroms seitens der Elektroden statthaben könnte, sobald die Elektroden recht rein sind, und sich noch keine secundäre Polarisation in Folge des Spiels der Säule hat einstellen können, müfste, wie mir scheint, das Platin ein weniger guter Leiter der galvanischen Elektricität seyn als Zink oder Eisen; allein alle Versuche beweisen übereinstimmend das Gegentheil, und wirklich ist, nach den Versuchen von Despretz [3]), die elektrische Leitungsfähigkeit des Platins weit stärker als die des Zinks. Ueberdiefs hat das Gold, welches von allen Metallen der beste Elektricitätsleiter ist, nicht mehr als das Platin die Fähigkeit, wenn es dem Strom einer gewöhnlichen einfachen Kette als Elektroden dient, die Zersetzung des Wassers

1) *Mém. sur la pile galvan. p.* 44; in den *Nouv. Mém. de l'acad. de Brux. T. XII.*

2) Annalen der Physik und Chemie, Bd. LV S. 453.

3) Wir glauben nicht, dafs man zwischen der Leitungsfähigkeit der Metalle für galvanische Ströme und der Leitungsfähigkeit derselben für gemeine Elektricität einen Unterschied machen könne, da, nach den zahlreichen Versuchen des Hrn. Faraday, keine wesentliche Verschiedenheit zwischen galvanischer und gemeiner Elektricität besteht.

zu bewerkstelligen. Ich kann mich also nicht entschliefsen, den grofsen Einflufs der Oxydirbarkeit der positiven Elektrode auf die Zersetzung des Wassers davon abzuleiten, dafs diese Oxydirbarkeit die Eigenschaft gebe, den Durchgang des Stroms zu erleichtern; um so mehr als alle Metall-Elektroden, welche es seyen, sobald man sie nur nicht in zu dünnen Drähten nimmt, immer so gute Leiter des Stromes sind, dafs, in allen Fällen von chemischer Zersetzung durch den letzteren, die einen ihn eben so gut durchlassen als die anderen; denn die wäfsrigen zu zersetzenden Flüssigkeiten sind immer weniger gute Elektricitätsleiter als die metallischen Substanzen, so dafs allemal, wenn sie einen Theil der galvanischen Kette ausmachen, jedes Hindernifs für den Durchgang des Stroms ihnen ausschliefslich zugeschrieben werden mufs [1]).

Es ist also nur die chemische Verwandtschaft der oxydirbaren Elektrode, die, in meinen Augen, die leichte Zersetzung des Wassers durch eine einfache Kette mit positiver Elektrode von Zink erklärlich machen kann. Um den Einflufs dieser chemischen Wirkung aufser Zweifel zu setzen, liefs ich den Strom meiner grofsen Wollaston'schen Kette, als sie Platindrähte von einem guten Millimeter im Durchmesser zu Elektroden hatte, durch eine starke Lösung von Zinnchlorür gehen, welche bekanntlich eine grofse Verwandtschaft zum Sauerstoff hat, und mir schien, aus diesem Grunde, die galvanische Wasserzersetzung kräftig begünstigen zu müssen; und, in der That, von dem Augenblick der Schliefsung der Kette an, entwickelten sich kleine Wasserstoffblasen in Fülle am negativen Platindraht, während sich an dem positiven Draht keine Gasentwicklung zeigte; noch mehr, bei fort-

1) Ich mufs bekennen, diesen ganzen Satz nicht recht zu verstehen. Die unterschiedlichen Grade von Stromschwächung, welche die verschiedenen Metalle, als Elektroden angewandt, hervorbringen, haben erweislich keinen Zusammenhang mit der Leitungsfähigkeit dieser Körper. *P.*

daurender galvanischer Wirkung bedeckte sich der negative Draht zuletzt mit reducirtem Zinn, und selbst diefs verminderte die Gasentwicklung nicht, ein Beweis, dafs die Gegenwart dieses neuen Metalls, obwohl ein weniger guter Leiter als das Platin, den Strom, der es durchdringen mufste, nicht merklich geschwächt hatte. Als ich das Zinnchlorür durch schwefelsaures Eisenoxydul ersetzte, erhielt ich ein ganz ähnliches Resultat, nämlich eine sehr merkliche Wasserstoff-Entwicklung und selbst einen sehr leichten metallischen Niederschlag am negativen Pol. Da nun hier die als Elektroden dienenden Platindrähte beide in dieselbe Flüssigkeit eingetaucht waren, und also nicht wie im Versuch des Hrn. Grove eine verschiedene Polarität von den Flüssigkeiten, in die sie eingetaucht waren, annehmen konnten, so ist klar, dafs die Wasserzersetzung hier wohl das Resultat einer *einfachen* galvanischen Kette war, und man sie nicht der gleichzeitigen Wirkung irgend eines andern Stromes zuschreiben konnte. Da nun andererseits unsere einfache Kette die Wasserzersetzung nicht ohne Dazwischenkunft einer kräftigen chemischen Verwandtschaft zu Stande bringen konnte, wovon ich mich überzeugte, indem ich successiv zwischen ihren Platin-Elektroden gesäuertes Wasser, und gesättigte Lösungen von schwefelsaurem Natron, essigsaurem Blei und schwefelsaurem Kupfer brachte, so mufste man nothwendig die zersetzende Wirkung derselben bei Gegenwart von Zinnchlorür und schwefelsaurem Eisenoxydul der grofsen Verwandtschaft dieser Substanzen zum Sauerstoff zuschreiben; auch entwickelt sich dieser letztere hiebei niemals gasförmig, und die Wasserzersetzung wird nur durch die Wasserstoffentwicklung angezeigt. Hr. Edmund Becquerel hat ein analoges Resultat erhalten, als er Chlorwasser der Wirkung einer einfachen Kette mit Platin-Elektroden unterwarf; allein hier entwickelte sich nur Sauerstoff, indem der Wasserstoff des Wassers vom Chlor zurückgehalten ward.

Diese Versuche, welche vollkommen scharfe und constante Resultate geben, setzen die mögliche Dazwischenkunft der chemischen Verwandtschaft bei der Zersetzung der Körper durch den galvanischen Strom außer allen Zweifel, und müssen uns folglich dahin führen, dieser selben Verwandtschaft die Leichtigkeit zuzuschreiben, mit welcher einfache Ketten unter dem Einfluſs oxydirbarer Elektroden das Wasser zersetzen. Hienach ist es auch die Mitwirkung der gewöhnlichen chemischen Kräfte, von welcher man bei den schönen Versuch des Hrn. Grove die Wasserzersetzung ableiten muſs, und nicht von der Mitwirkung irgend einer schwachen secundären galvanischen Wirkung, die durch den Einfluſs des Wasserstoff- und Sauerstoffgases auf die Platin-Elektroden entstehen konnte [1]). Diese nämlichen Versuche bestätigen auch, was wir schon oben bewiesen haben, daſs jeder galvanische Strom nicht nothwendig die von ihm durchlaufenen Flüssigkeiten zersetzt; denn derselbe Strom, welcher

1) Freilich könnte auf gewisse, von schwachen galvanischen Strömen hervorgebrachten chemischen Zersetzungen noch ein anderer Umstand einwirken, da Hr. Lenz nachgewiesen zu haben scheint, daſs die Ströme beim Uebergang aus einem Metall in eine Flüssigkeit einen gröſseren Widerstand erfahren als bei dem aus einem andern Metall in dieselbe Flüssigkeit (*Bibl. univ. de Genève*, *T. XXXVII p.* 365). Allein dieser *Uebergangswiderstand*, welcher, nach Hrn. Lenz, im umgekehrten Verhältniſs der chemischen Wirkung der Flüssigkeit auf das Metall stände, scheint mir die leichte Zersetzung des Wassers, die zwischen den Platin-Elektroden einer einfachen Kette allemal stattfindet, wenn in der wäſsrigen Flüssigkeit eine Substanz von groſser Verwandtschaft zum Sauerstoff oder Wasserstoff, die also die Zersetzung zu begünstigen strebt, gelöst ist, in keiner Weise erklären zu können; denn die Gegenwart des Zinnchlorürs oder schwefelsauren Eisenoxyduls im Wasser macht dieses nicht eigentlich chemisch wirkend auf das Platin; und was überdieſs die directe Dazwischenkunft der gewöhnlichen chemischen Kräfte bei diesen galvanischen Zersetzungen erweist, ist: daſs diese, in einer neuen Verbindung, nur mit der Entwicklung desjenigen Elements, auf welches die chemische Wirkung ausgeübt wird, statthaben.

die Lösung des Zinnchlorürs zersetzt, kann nicht die gesättigten Lösungen von schwefelsaurem Natron und essigsaurem Blei zersetzen, selbst nicht das durch Salpetersäure oder Schwefelsäure angesäuerte Wasser, obwohl diese Lösungen wenigstens eben so gute Leiter des Stromes sind als die des Zinnchlorürs [1]).

VII. *Experimentelle Untersuchungen über den Einfluſs der Elasticität bei schwingenden Saiten; von Hrn. N. Savart.*

(*Ann. de chim. et de phys. S. III T. VI p.* 5. — Ein vorläufiger Bericht von dieser Arbeit, nebst einer dadurch veranlaſsten Note des Hrn. Duhamel, wurden schon in den Annalen, Bd. LVII S. 403 und 405, gegeben.)

1) Bei der mit dem Namen des Problems der schwingenden Saiten bezeichneten Aufgabe der Mechanik betrachtet man die Reihe der Elemente, welche eine Saite zusammensetzen, als eben so viele kleine Pendel, die um ihre Ruhelage schwingen, nicht vermöge der Schwere, sondern vermöge der Kraft, durch welche die Spannung erzeugt wird. Durch analoge Methoden wie die, welche man in der Theorie des gewöhnlichen Pendels anwendet, bestimmt man somit die Dauer der Schwingungen.

1) Es thut mir leid am Schlusse dieses Aufsatzes erklären zu müssen, auch jetzt noch nicht dem geehrten Verfasser in seinen Folgerungen beistimmen zu können. Beide von ihm erörterte Gegenstände, die Frage über die bloſse Leitung elektrischer Ströme durch Flüssigkeiten, und die über die Wirkungsweise oxydirbarer Elektroden bei der Wasserzersetzung, sind meiner Ansicht nach von der Art, daſs sie nur durch Messungen befriedigend gelöst werden können. Hoffentlich werde ich im Laufe dieses Sommers Muſse haben, eine Reihe auf dieses Ziel gerichteter Untersuchungen ausführen zu können; bis dahin glaube ich indeſs meine in den Annalen (Bd. LV S. 450) nur vorläufig geäuſserten Ansichten, obwohl sie mit denen mehrer Physiker in Widerspruch stehen, aufrecht halten zu müssen. *P.*

Aus der Natur dieser Betrachtungen sieht man, daſs bei dem Problem der schwingenden Saiten nicht Rücksicht genommen ist auf die der Substanz der Saite inwohnenden Kräfte. Diese Kräfte müssen durch die Oscillationen selber in Thätigkeit gesetzt werden, können also, begreiflich, die Bewegung, welche stattfände, wenn Spannung und Trägheit allein wirkten, mehr oder weniger abändern.

Diese Betrachtung läſst einen Weg durchblicken, die Rolle, welche die Molecular-Kräfte bei den Erscheinungen der schwingenden Saiten spielen, zu ermitteln; denn es wird genügen, die Resultate der Erfahrung mit denen der Theorie zu vergleichen. Die etwa vorhandenen Unterschiede werden der Einwirkung dieser Kräfte zugeschrieben werden müssen. Dieſs ist die Grundlage der vorliegenden Arbeit.

2) Zuvörderst mögen die Hauptresultate der Theorie schwingender Saiten in Erinnerung gebracht seyn. Es sey l = Länge der Saite; p = deren Gewicht; P = das sie spannende Gewicht; n die Anzahl der von der Saite in einer Secunde vollführten Schwingungen. Dann hat man:

$$n=\sqrt{\frac{gP}{lp}}.$$

Macht man nun:

$$P=pt \text{ und } \sqrt{t}=t',$$

so kommt:

$$n=t'\sqrt{\frac{g}{l}}.$$

Gesetzt nun, man habe nur Saiten von gleicher Länge zu betrachten; dann wird $\sqrt{\frac{g}{l}}$ ein constanter Factor seyn, und wenn man diesen durch c bezeichnet, so geht der Ausdruck von n in folgenden über:

$$n=ct',$$

eine Gleichung, die nur noch zwei Variable enthält.

Wir wollen *Spannung* das Verhältnifs t von P zu p nennen. Diefs gesetzt, sieht man:

1) Dafs die Anzahl der Schwingungen proportional ist der Quadratwurzel aus den Spannungen.

2) Dafs für eine Tension Null die Saite keine Schwingung geben kann.

3) Dafs, für eine selbe Spannung die Anzahl der Schwingungen dieselbe bleibt, welches Gewicht und folglich welchen Durchmesser die Saite auch haben mag.

Wir wollen nun die Resultate der Beobachtung mit diesen Deductionen der Theorie vergleichen, doch zuvor eine Idee von dem Apparate geben, dessen wir uns zur Anstellung unserer Versuche bedient haben.

Der Apparat ist auf Taf. II Fig. 2 abgebildet. Das Stück A ist der wesentlichste Theil. Er besteht aus Eisen und mufs eine beträchtliche Dicke haben. Daran sitzen zwei horizontale Arme, welche bestimmt sind die Länge des schwingenden Theils der Saite zu begränzen. Zu dem Ende ist jeder dieser Arme in einer gewissen Strecke auf die Hälfte seiner Dicke zurückgeführt, und dieser Ausschnitt ist ausgefüllt durch eine Platte, welche mittelst zwei Schrauben an den Arm befestigt wird. Die zwischen den Arm und die Platte eingeschobene Saite kann sonach in verticaler Stellung festgeklemmt werden, ohne eine Ablenkung zu erfahren. Die Dimensionen dieser Arme sind fast gleichgültig; doch ist es nöthig, dafs die beiden festgeklemmten Theile der Saite so lang seyen, dafs die Schwingungen sich nicht über die Arme hinaus fortpflanzen können.

Da es darauf ankommt, das Stück A strenge senkrecht stellen zu können, so wurde dasselbe in einen auf ein horizontales Gestell gelegten Schraubstock eingezwängt. Die Bewegung des Stücks zwischen den nach Belieben zu öffnenden und schliefsenden Backen des Schraubstocks erlaubte die Senkrechtheit in einem Sinn.

In dem andern erhielt man sie, indem man Keile unter die Achseln des Schraubstocks schob.

Die anderen Theile des Apparats dienen zur Befestigung der Saite einerseits oben an einem widerstehenden Punkt, und andererseits unten an der Platte, welche die Gewichte tragen soll. Die Wahl der Mittel des Anhängens verdient eine besondere Sorgfalt. Da es unsere Absicht war, die Spannungen bis zu ihrer äufsersten Gränze zu treiben, d. h. bis zum Reifsen der Saite, so bedurfte es, dafs dieses Reifsen alleinig von der Spannung bewirkt würde, und kein anderer Umstand dazu beitrüge. Nun haben wir uns versichert, dafs Falten (*plis*), Binden (*ligatures*) und die Wirkung der Klemmen (*pinces*) zu diesen fremdartigen Umständen gehören.

Erst nach mehren Versuchen sind wir zu dem in der Figur abgebildeten Verfahren gelangt, und diefs hat sich so gut bewährt, dafs wohl unter hundert Saiten jeder Art nicht eine einzige an den Befestigungspunkten rifs.

Diefs Verfahren besteht darin, dafs man die Richtung der Saite allmälig ändert, und die Reibung dieser Saite gegen einen weichen Körper auch stufenweise vergröfsert, so dafs der Zug, welcher zuletzt gegen einen festen Punkt ausgeübt wird, auf eine weit schwächere Kraft als die Wirkung des Gewichts zurückgeführt ist.

Der Halbcylinder *B* ist von weichem Holz und mit Leder überzogen. Die Saite schmiegt sich an seine Krümmung, nachdem sie in dem durchlöcherten Wirbel *c* befestigt ist. Für die untere Befestigung sitzt mitten an einem Plättchen *D* ein cylindrisches Stück, auch von sehr weichem Holz, und überdiefs oben ein Haken (*taquet*) *g*. Zwischen diesem Haken und dem Cylinder, auf welchen sie sich wickelt, läfst man die Saite hindurch und dann befestigt man sie an dem Wirbel *f*. Die zur Aufnahme der Gewichte bestimmte Schale hängt mittelst eines Hakens an einem Stift, der unten durch das Plättchen geht.

4) Bei dem eben beschriebenen Apparat betrug der Abstand zwischen den beiden inneren Armen des Stückes *A*, das Decimeter als Längeneinheit genommen, 0,805. Man hatte also für die Länge aller Saiten, mit denen operirt wurde:

$$l = 0{,}805.$$

Dieser Werth in den von $c = \sqrt{\frac{g}{l}}$ gesetzt, da $g = 98{,}088$ ist, giebt:

$$c = 11{,}039,$$

und folglich:

$$n = 11{,}039\, t'.$$

Aus dieser Gleichung ergiebt sich die Anzahl der Schwingungen, welche irgend eine in den Apparat gebrachte Saite, unter einer gegebenen Spannung, in der Voraussetzung vollbringt, dafs die Molecular-Kräfte keinen Einflufs auf diese Anzahl haben.

Legt man t' in dieser Gleichung successiv die Werthe bei:

$$0,\ m,\ 2m,\ 3m,\ \ldots$$

wo m eine willkührlich genommene Zahl ist, so hat man für die entsprechenden Werthe von t:

$$0,\ m^2,\ 4m^2,\ 9m^2,\ \ldots$$

und für die von P:

$$0,\ m^2p,\ 4m^2p,\ 9m^2p,\ \ldots$$

Auf diese Weise werden wir die Gewichte P, mit denen die Saiten gespannt wurden, ausgedrückt in Kilogrammen berechnen. Daraus ergiebt sich für die Rechnungen, wie für die geometrische Darstellung der Thatsachen eine Regelmäfsigkeit, die man lange nicht erhalten würde, wenn man für P ganz willkührliche Werthe nähme.

Schreiten wir jetzt zu den Resultaten unserer Versuche.

5) Versuche mit einem *Kupferdraht.*

Wenn man eine Saite in den Apparat gebracht hat, be-

bestehen die Operationen darin, dafs man 1) die Saite successive mit bestimmten Gewichten belastet, 2) unter jeder dieser Belastungen schwingen läfst, 3) den Ton aufzeichnet, den sie, mit einen Geigbogen gestrichen, liefert.

Nach dem Gesagten (4) mufs man, um die die Spannungen t hervorbringenden Gewichte P zu bestimmen, das Gewicht p der Saite, für die Länge $l = 0^d,805$, kennen. Es würde schwierig seyn, einen so kleinen Theil der Saite mit der erforderlichen Genauigkeit zu wägen; allein man kann die Fehlerquellen bedeutend verringern, wenn man eine beträchtliche Länge derselben Saite nimmt und daraus das Gewicht der gewünschten Länge ableitet. So hatte der Kupferdraht, von dem ein Theil zu den in Rede stehenden Versuchen diente, eine Gesammtlänge von $51^d,30$ und wog $0^k,033$. Daraus ist $p = 0^k,0005178$.

In der folgenden Tafel finden sich die mit diesem Draht erhaltenen Resultate. Sie hat fünf Columnen:

Die erste enthält die Werthe von t' oder die Quadratwurzeln aus den Spannungen t; sie bilden eine Progression, deren Differenz m (4) gleich 25 genommen ist.

Die zweite enthält die Werthe von t.

Die dritte ist gebildet aus den Gewichten P, welche hervorgehen, wenn man die Zahlen der zweiten Columne mit dem Gewichte $p = 0^k,0005178$ multiplicirt. Diefs sind die Belastungen, welche die successiven Spannungen des Drahts bewirkten.

In der vierten sind die Töne angegeben, welche der Draht beim Schwingen hören läfst.

Die fünfte endlich giebt die Zahl an N der Schwingungen, welche den erhaltenen Tönen entsprechen.

Wir machen hier eine Bemerkung, die sowohl für diesen Versuch wie für die folgenden gilt, nämlich, dafs man, um den Draht schwingen zu lassen, den Bogen möglichst sanft aufsetzen müsse. Sonst kann es geschehen, besonders wenn die Belastungen etwas beträchtlich sind, dafs der Druck des Bogens eine Ausdehnung des Drahtes ver-

ursacht, und dann erhält man, wie schwach diese Ausdehnung auch seyn mag, einen merklich zu tiefen Ton. Uebrigens mufs man immer, vor dem Aufzeichnen des Tons, den Draht mehrmals entklemmen, und ihn der Wirkung der Gewichte überlassen, um sicher zu seyn, dafs er auf den Punkt gekommen ist, einen constanten Ton zu geben.

Kupfer $p=0^k,0005178$.

t'.	t.	P.	Töne [1]).	N.
0	0	$0^k,000$	*la*♯$_2$	900
25	625	0 ,324	*si*$_2$ —	950
50	2500	1 ,295	*ut*♯$_3$	1067
75	5625	2 ,913	*mi*$^b{}_3$	1229
100	10000	5 ,178	*fa*♯$_3$ —	1422
125	15625	8 ,091	*la*$^b{}_3$ +	1659
150	22500	11 ,650	*si*$_3$ —	1900
175	30625	15 ,858	*ut*♯$_4$	2133
200	40000	20 ,712	*re*♯$_4$ —	2350
225	50625	26 ,214	*fa*$^b{}_4$	2621
244,05	59560	30 ,840	Saite reifst	

Fig. 3 Taf. II ist eine graphische Darstellung dieser Resultate. Die Werthe von t' auf der Abscissenaxe sind nach dem Maafsstabe von 1 Millimeter für 5 Einheiten genommen, die von N, als Ordinaten, nach dem Maafsstab von 1 Millimeter für 100 Schwingungen. Man sieht, dafs die aus dieser Construction hervorgehenden Punkte durch eine Curve von regelmäfsigem Ansehen vereinigt werden können.

Construiren wir eben so die Gerade, deren Gleichung (4) ist:

$$n=11,039\,t'.$$

Da diese Gerade durch den Anfangspunkt geht, so wird ihre Lage durch einen ihrer Punkte bestimmt seyn. Machen wir z. B. $t'=200$, so kommt $n=2207,8$. Tra-

1) Zur Vermeidung von Fehlern behalte ich hier die französische Tonbezeichnung bei. *P.*

gen wir diesen Werth auf die Ordinate 200, unter Beibehaltung des Maafsstabes von 1 Millim. auf 100 Schwingungen, so haben wir die Gerade, die in der Figur gezeichnet ist.

6) Vergleicht man nun die Curve und die Gerade, die wir so erhalten, die eine durch den Versuch, die andere durch die Theorie der schwingenden Saiten, so sieht man, dafs im ersten Fall die Anzahl der Schwingungen immer gröfser ist als im zweiten, und dafs der Unterschied sein Maximum erreicht, wenn die Spannung Null ist. Die Erfahrung giebt alsdann 900 Schwingungen, während die Theorie deren keine giebt.

Nun kann die Schwingungsbewegung, welche bei einer nullgleichen Spannung stattfindet, nur den Molecularkräften zugeschrieben werden, Kräften, die, wenn ihr gewöhnliches Gleichgewicht zerstört ist, dahin streben, den Draht in die Lage zurückzuführen, welche er zuvor einnahm. Diefs ist der Charakter der Kräfte, denen man den Namen Elasticität gegeben hat; und so wollen wir auch diejenigen nennen, welche die Bewegung einer ungespannten Saite bewirken. Allein eine solche Saite schwingt wie es ein Stab thun würde, dessen beide Enden befestigt sind, und bekanntlich sind in diesem Fall die Schwingungszahlen proportional den Durchmessern. Nehmen wir also den Draht immer dicker und dicker, so entfernt sich die Gerade immer mehr und mehr von der theoretischen Geraden, weil diese, bei einer Veränderung der Durchmesser, ihre Lage nicht ändert (2); und nehmen wir umgekehrt die Drähte successiv immer dünner, so nähert sich die Curve derselben Geraden, ohne sie jemals erreichen zu können, es sey denn man setze den Durchmesser des Drahts gleich Null. Mit einem Wort, die Gerade spielt hier die Rolle einer gemeinschaftlichen Asymptote für alle Curven, die man erhält, wenn man den Durchmesser der Saiten variiren läfst.

Da die von der Erfahrung gelieferte Curve eine Asymptote zu haben scheint, ist es erklärlich zuvörderst zu versuchen, ob sie nicht eine Hyperbel sey.

Bezieht man eine Hyperbel auf ihren Mittelpunkt und auf ihre Axen, und zählt ihre Abscissen längs ihrer imaginären Axe, so ist das Quadrat der Ordinate irgend eines Punktes der Curve gleich dem Quadrat der Ordinate der Asymptote plus dem Quadrat der halben wirklichen Axe. Nun ist die Ordinate eines Punkts der Curve das, was wir N genannt haben; die Ordinate des entsprechenden Punkts der Asymptote ist das, was wir mit n bezeichnet haben, und endlich ist die halbe wirkliche Axe die Schwingungsanzahl welche die Saite ungespannt oder wie ein Stab schwingend giebt; wir wollen sie ν nennen. Wenn also die Curve eine Hyperbel ist, mufs man haben $N^2 = n^2 + \nu^2$.

Construirt man rechtwinkliche Dreiecke, welche n und ν als Saiten des rechten Winkels haben, und vergleicht ihre Hypothenusen mit den Ordinaten N der Curve, so findet man zwischen den Hypothenusen und den Ordinaten keinen merkbaren Unterschied. Daraus darf man schliefsen, dafs die Curve eine Hyperbel und die Gerade deren Asymptote ist.

Die Anzahl der Schwingungen des Drahts, mit dem wir operirten, besteht also für jegliche Spannung aus zwei Elementen: 1) Aus der Anzahl von Schwingungen, welche der Draht bei dieser Spannung vollführen würde, wenn er ohne Elasticität wäre; und 2) aus der Anzahl von Schwingungen, welche derselbe Draht blofs vermöge seiner Elasticität vollbringt. Die erste dieser Zahlen wird uns durch die Theorie der schwingenden Saiten geliefert; sie variirt mit den Spannungen. Die zweite ist für eine und dieselbe Saite constant, und wird uns durch die Erfahrung gegeben; da sie von der Elasticität des Körpers abhängt, so ist zu vermuthen, dafs sie mit der Natur des Drahts variire. Diese beiden Elemente com-

biniren sich auf eine recht einfache Weise, weil die Summe ihrer Quadrate gleich ist dem Quadrat der gesuchten Zahl.

7) Die geometrischen Constructionen würden ohne Zweifel zur Entdeckung des eben angezeigten Gesetzes den bequemsten Weg darbieten; allein da wir der Figur nicht die Gröfse geben konnten, welche zu einer hinlänglichen Genauigkeit erforderlich ist, so wird es nicht überflüssig seyn, durch Rechnung zu prüfen, ob wirklich die Relation $N^2 = n^2 + v^2$ Resultate gebe, die mit der Erfahrung übereinstimmen.

Die folgende Tafel enthält: 1) die Schwingungszahlen, welche aus dem Gebrauch der Formel $n = 11{,}039\, t'$ hervorgehen, und 2) die mittelst der Relation $N = \sqrt{n^2 + v^2}$ berechneten, worin $v = 900$, und 3) die durch den Versuch gefundenen:

t'.	n.	N. Erfahrung.	N. Rechnung.
0	0	900	900
25	276	950	941
50	552	1067	1055
75	828	1229	1223
100	1014	1422	1424
125	1380	1659	1648
150	1656	1900	1885
175	1942	2133	2131
200	2208	2350	2384
225	2484	2621	2642
244,05	2694	Reifsen	2840

Die gröfsten Unterschiede zwischen den von der Formel gegebenen, und den durch den Versuch gefundenen Zahlen steigen kaum auf eine Schwingung gegen hundert. So geringe Unterschiede kann man also ohne Zweifel den Fehlern der Beobachtung oder vielmehr der Aufzeichnung zuschreiben: denn dem Ohre mangelt es nicht an der nöthigen Empfindlichkeit, um die Töne noch ge-

nauer zu unterscheiden; allein die Unvollkommenheit unserer Mittel, diese Töne zu bezeichnen, ihren Ort in der Tonleiter genau anzugeben, führt einige Unsicherheit in den Resultaten herbei.

8) Wir haben uns nun noch zu versichern, dafs das eben aufgestellte Gesetz nicht blofs dem zum Versuch genommenen Metalle eigen ist, sondern auch für eine Saite aus jeder andern Materie gültig bleibt. Zu dem Ende brauchen wir nur die Resultate unserer Versuche mit denen der Rechnung in Tafeln zusammenzustellen. Die Vergleichung beider wird zeigen, dafs das Gesetz jede mögliche Allgemeinheit hat.

Draht von käuflichem Messing. $p=0^k,000392$.

t'.	t.	P.	n.	Töne.	N. Erfahr.	N. Rechn.
0	0	$0^k,000$	0	$la\#_2$	900	900
50	2500	0 ,823	552	$ut\#_3$	1067	1055
100	10000	3 ,292	1104	$fa\#_3$	1440	1424
150	22500	7 ,407	1656	si_3 —	1900	1885
200	40000	13 ,168	2208	$re\#_4$	2400	2384
250	62500	20 ,575	2760	$sol^b{}_4$ —	2913	2903
300	90000	29 ,628	3312	la_4 +	3460	3431
350	122500	40 ,327	3864	$ut^b{}_4$	3932	3967

Bei der letzten Spannung rifs der Draht, einige Augenblicke nachdem man die Anzahl seiner Schwingungen bestimmt hatte.

Eisendraht. $p=0^k,0003287$.

t'.	t.	P.	n.	Töne.	N. Erfahr.	N. Rechn.
0	0	$0^k,000$	0	$re\#_3$	1200	1200
50	2500	0 ,822	552	$fa^b{}_3$	1311	1321
100	10000	3 ,287	1104	$sol\#_3$ +	1620	1631
150	22500	7 ,395	1656	ut_4 —	2030	2045
200	40000	13 ,148	2208	$mi^b{}_4$ +	2500	2513
250	62500	20 ,544	2760	$fa\#_4$	3000	3009
300	90000	29 ,583	3312	$la\#_4$ —	3530	3523
345,18	119150	39 ,166	3810		Reifsen	

Angelassener Eisendraht. $p = 0^k,000314$.

t'.	t.	P.	n.	Töne.	N. Erfahr.	N. Rechn.
0	0	$0^k,000$	0	$re\sharp_3$	1200	1200
50	2500	0 ,785	552	$mi\sharp_3$	1333	1321
100	10000	3 ,140	1104	$la^b{}_3$	1638	1631
150	22500	7 ,065	1656	ut_4	2048	2045
200	40000	12 ,560	2208	mi_4—	2530	2513
244,04	59554	18 ,700			Reifsen	

Stahldraht. $p = 0^k,00018053$.

t'.	t.	P.	n.	Töne.	N. Erfahr.	N. Rechn.
0	0	$0^k,000$	0	si_2+	970	970
100	10000	1 ,805	1104	$sol^b{}_3$	1475	1470
200	40000	7 ,221	2208	$re\sharp_4$	2400	2412
300	90000	16 ,248	3312	la_4+	3456	3451
400	160000	28 ,885	4416	re_5—	4551	4521
421	177260	32 ,000			Reifsen	

Bleidraht. $p = 0^k,0009025$.

t'.	t.	P.	n.	Töne.	N. Erfahr.	N. Rechn.
0	0	$0^k,000$	0			390
10	100	0 ,090	110			
20	400	0 ,361	221			
30	900	0 ,812	331	ut_2+	518	512
40	1600	1 ,444	442	$re\sharp_2$	590	589
50	2500	2 ,256	552	$mi\sharp_2$+	675	676
50,53	2553	2 ,304	558	Reifsen		

Bei dem letzten Versuch haben wir nicht bestimmen können, welchen Ton der Bleidraht, als Stab schwingend, liefert. Es war uns also unmöglich, die Zahl v direct zu erhalten. Dieser Umstand ist jedoch kein Hindernifs für die Anwendung der Formel $N^2 = n^2 + v^2$, weil man, um v in diesem Fall zu bestimmen, nur eine einzige Beobachtung bei irgend einer Spannung zu machen braucht. In der That, ist alsdann N bekannt, er-

hält man v mittelst $v = \sqrt{N^2 - n^2}$. Da wir die Richtigkeit des Gesetzes durch die vorhergehenden Versuche hinreichend bewiesen zu haben glauben, so dürfen wir diese Folgerung ziehen, ohne in den Vorwurf zu verfallen, einen Zirkelschlufs zu machen.

9) Aus unseren Untersuchungen geht hervor, dafs man, um die Zahl von Schwingungen bei einer gespannten Saite zu bestimmen, diese Saite in zwei verschiedenen Zuständen betrachten mufs. Man denkt sie sich zuvörderst nicht elastisch, aber gespannt, darauf nicht gespannt, aber elastisch. Die Summe der Quadrate aus den in jeder dieser Hypothese genommenen Schwingungs-Zahlen ist gleich dem Quadrat der Zahl von Schwingungen, welche die Saite vollbringt, wenn sie zugleich elastisch und gespannt ist. Es verhält sich mit dieser letzten Zahl wie mit der Resultante zweier unter sich rechtwinklichen Kräfte.

10) Da dieses Gesetz unveränderlich bleibt für alle Spannung, von der nullgleichen bis zu der, welche die Saite zerreifst, so folgt, dafs es nicht gebraucht werden kann, den Moment kennen zu lehren, wo die Molecularkräfte auf dem Punkt des Nachgebens stehen. Alles was wir in dieser Beziehung haben bemerken können, ist: dafs die Schwingungen in dem Maafse leicht werden, einen desto stärkeren und reineren Ton geben, als die Belastungen stärker sind. Diese Eigenschaften erreichen also im Moment des Abreifsens ihren Gipfelpunkt.

Diese Beobachtung giebt zu der folgenden Muthmafsung Anlafs. Wenn die Belastung sehr beträchtlich ist, fügt die Elasticität nur eine kleine Anzahl von Schwingungen zu der hinzu, welche die Spannung liefert; sie ist relativ nur eine äufserst schwache Kraft, und nur alsdann, wie oben gesagt, erlangt der Ton seine volle Reinheit, Andererseits weifs man, dafs Stäbe ebenfalls sehr reine Töne liefern. In diesem Fall ist dagegen blofs die Elasticität im Spiel. Ist es nicht erlaubt zu glauben,

dafs die Natur des Tons von der Combination zweier Kräfte abhänge, und dafs er desto vollkommener sey, je weniger Einflufs eine dieser Kräfte hat? Wenn dem so ist, mufs man, um reine Töne mit Saiten zu erhalten, diejenigen anwenden, welche möglichst wenig Elasticität haben und zugleich stark gespannt werden können. Die Darmsaiten sind in diesem Fall, und geben in der That einen viel sanfteren Klang als Metalldrähte.

VIII. *Notiz über die mehrfachen Töne der Stimmgabeln; von F. C. Henrici.*

Im dritten Bande von Dove's Repertorium der Physik theilt Hr. Röber auf S. 55 einige Beobachtungen über an Stimmgabeln wahrgenommene Nebentöne mit, welche die höheren Octaven der Haupttöne der Gabeln bildeten. Als ich, auf Veranlassung dieser Mittheilung, meine Stimmgabel in Beziehung auf einen solchen Nebenton untersuchte, fand ich bei wiederholter genauer Prüfung nicht nur einen, sondern gar drei verschiedene Nebentöne, unter denen sich jedoch die Octave des递Haupttons nicht befand. Auch stand einer derselben in seiner Stärke gegen die übrigen auffallend zurück, und es bedurfte verschiedener Anschlagsweisen, um jeden der Nebentöne mit gehöriger Deutlichkeit hervortreten zu lassen.

Diese Wahrnehmung liefs mich wünschen, noch mehre Stimmgabeln von verschiedenen Haupttönen auf ihre Nebentöne untersuchen zu können, was mir durch die Gefälligkeit des Hrn. W. Ritmüller in Göttingen, des rühmlichst bekannten Verfertigers ausgezeichneter Pianofortes, möglich geworden ist. Ich erhielt von demselben acht Gabeln zur Benutzung, welche ich mit Sorgfalt wiederholt untersuchte. Die Ergebnisse der Unter-

suchung sämmtlicher neun Gabeln sind in folgender Tafel zusammengestellt, in welcher die durch ihre auffallende Schwäche ausgezeichneten Nebentöne als Nebentöne zweiter Art bezeichnet, und zugleich die Dimensionen der Gabeln angegeben sind. In der Bestimmung der Töne hoffe ich mich nicht geirrt zu haben.

Haupttöne.	Nebentöne erster Art.		Nebentöne zweiter Art.		Der Gabelzinken Länge,	Breite,	Dicke,	Abstand. in Millimetern.
$\overline{a}$	$\overline{\overline{\overline{d}}}$	$\overline{\overline{\overline{\overline{f}}}}$	$\overline{\overline{h}}$		93	6,3	4,5	7 b. 8
$\overline{as}$	$\overline{\overline{\overline{es}}}$	$\overline{\overline{\overline{\overline{as}}}}$	$\overline{\overline{\overline{c}}}$		95			
$\overline{d}$	$\overline{\overline{a}}$	$\overline{\overline{\overline{\overline{c}}}}$	$\overline{\overline{f}}$	$\overline{\overline{\overline{c}}}$	115,5			
$\overline{cis}$	$\overline{\overline{gis}}$ [1])	$\overline{\overline{\overline{\overline{cis}}}}$			116,5			
$\overline{cis}$	$\overline{\overline{gis}}$	$\overline{\overline{\overline{h}}}$	$\overline{\overline{eis}}$	$\overline{\overline{h}}$	116	8,3	4,56 b. 5	9 b. 10
h	$\overline{\overline{fis}}$	$\overline{\overline{\overline{h}}}$ [2])	$\overline{\overline{a}}$ —		125			
b	$\overline{\overline{f}}$	$\overline{\overline{\overline{b}}}$	$\overline{\overline{as}}$		137			
b —	$\overline{\overline{f}}$ —	$\overline{\overline{\overline{b}}}$ —	$\overline{\overline{as}}$ —		136			
a	$\overline{\overline{e}}$	$\overline{\overline{\overline{a}}}$	$\overline{\overline{cis}}$	$\overline{\overline{g}}$	136			

In Beziehung auf die zweckmäfsigste Anschlagsweise der Gabeln für die verschiedenen Nebentöne habe ich Folgendes gefunden. Den tieferen Nebenton erster Art hörte ich am stärksten, wenn ein Schlag (mit einem kleinen eisernen Hammer) auf die breite Seite einer Zinke in der Nähe ihrer Biegung geführt wurde, in welchem Falle der Hauptton schwach war. Auch ein leichter Schlag, in gerader Richtung gegen das Stielende der Gabel oder gegen die Endfläche einer Zinke geführt, liefs den ersten

1) Dieser Ton war nur von momentaner Dauer.

2) Das Minuszeichen bedeutet, dafs der gehörte Ton etwas tiefer als der angegebene war.

Nebenton gegen den Hauptton überwiegend, jedoch mit geringerer absoluter Intensität, hervortreten. Den zweiten (höheren) Nebenton erster Art habe ich bei den kürzeren Gabeln meistens nur durch einen kräftigen schräg an der breiteren Kante der Endfläche einer Zinke vorbeigeführten Schlag deutlich genug wahrnehmbar machen können; bei den gröſseren Gabeln erklang er schon mit dem tieferen zugleich. Was die Natur dieser beiden Töne betrifft, so habe ich durch Anwendung der Streichmethode den ersten derselben als einen Flageoletton erkannt, und es leidet wohl keinen Zweifel, daſs auch der zweite ein solcher ist.

Die Nebentöne zweiter Art waren gar nicht hörbar, wenn die Gabel senkrecht und so gegen das Ohr gehalten wurde, daſs die eine Zinke die andere dem Ohre vollständig verdeckte. In jeder von dieser hinlänglich abweichenden Lage der Gabel, mochte sie nun in senkrechter Stellung um ihren Stiel, oder in einer verticalen Ebene um eine horizontale, dem Ohre parallele Axe, oder auf beiderlei Weise zugleich gedreht werden, waren diese Nebentöne hörbar, am stärksten jedoch, wie mir schien, wenn die Zinken in horizontaler Lage und ihre Endflächen gegen das Ohr, oder wenn dieselben senkrecht so gehalten wurden, daſs ihre gemeinschaftliche Ebene mit der Ebene des Ohrs einen Winkel von 45° bildete. Diese Töne erforderten ferner zum deutlichsten Erkennen einen kräftigen, gegen die Mitte einer Zinke, auf deren breite Seite gerichteten Schlag, in welchem Falle der Hauptton und der erste Nebenton eine merklich gleiche Intensität zu besitzen schienen. Dieser Umstand und das gänzliche Ausbleiben eines Nebentons zweiter Art bei der vierten Gabel, bei welcher der erste Nebenton von nur fast momentaner Dauer war, scheinen anzudeuten, daſs die Nebentöne zweiter Art von secundärer Entstehung seyen. Da sie jedoch wegen ihrer Höhe keine eigentlichen Combinationstöne seyn können, so könnte man ver-

muthen, dafs sie subjectiver Natur seyen, was aber wieder durch die Bedingung der Lage der Stimmgabel einigermafsen unwahrscheinlich wird.

Man wird bemerken, dafs das System aller von mir wahrgenommenen Töne in den meisten Fällen einen (mehr und minder vollständigen) Septimenaccord darstellt.

Schliefslich erlaube ich mir noch auf die unzweideutig von mir erkannte Fähigkeit des Ohres aufmerksam zu machen, von einem ihm dargebotenen Systeme von Tönen irgend einen oder mehre derselben zur vorzugsweisen Betrachtung (man verzeihe den Ausdruck) auszuwählen, eine Fähigkeit, welche sich keineswegs blofs auf die deutlicheren Töne beschränkt, sondern ebenfalls auf die schwieriger wahrnehmbaren erstreckt, für welche letzteren freilich eine gröfsere Anstrengung erforderlich ist. Da beim Acte des Sehens etwas Aehnliches stattfindet, so mufs man glauben, dafs die Seele bei der Aufnahme der durch die Sinne ihr zugeführten Signale eine freie Thätigkeit zu üben vermag.

IX. *Ueber die Dispersion der optischen Axen und der Elasticitäts-Axen in zweiaxigen Krystallen; von James Mac Cullagh,*

Prof. der Mathematik an der Universität zu Dublin.

(*Philosoph. Magazine*, *Ser. III Vol. XXI p.* 293) [1]).

Den Namen Elasticitäts-Axen gab Fresnel dreien rechtwinklichen Richtungen, die, zufolge seiner Theorie, in je-

1) Der Verfasser schrieb diesen Aufsatz auf Veranlassung eines früher in das *Phil. Mag.* aufgenommenen Berichts von einer am 24. Mai 1841 in der Academie zu Dublin gelesenen Abhandlung, in welchem die Rede ist von einer mathematischen Hypothese, welche die Gesetze der Dispersion und die der elliptischen Polarisation des Berg-

dem krystallisirten Mittel vorhanden sind, und sich durch die Eigenschaft auszeichnen, dafs, wenn ein Theilchen des Mittels in der Richtung einer von ihnen ein wenig verschoben wird, die dadurch hervorgerufene Elasticitätskraft genau in der Linie der Verschiebung rückwirkt. Diese Richtungen fallen zusammen mit den Axen des Ellipsoïds, durch welche er seine Wellenfläche construirt; und nachdem solchergestalt die Lage der Axen bestimmt worden, ist es nur die *Länge* derselben, welche als variirend mit den verschiedenen Farbenstrahlen angenommen werden kann. Diefs ist Fresnel's Ansicht in Betreff der Dispersion in Krystallen, und es ist offenbar die einzige, welche seine Theorie zuläfst. Spätere Theoretiker sind, bei ihren zahlreichen Versuchen die schönen Fresnel'schen Gesetze aus dynamischen Principien herzuleiten, immer zu der Annahme genöthigt gewesen, dafs das Mittel symmetrisch angeordnet sey gegen drei rechtwinkliche Ebenen, und da in dieser Hypothese die Axen der Elasticität oder optischen Symmetrie nothwendig zusammenfallen mit denen der symmetrischen Anordnung, so sind die Richtungen derselben, wie zuvor, unabhängig von der Farbe fixirt.

Aus diesen Principien folgt, dafs die optischen Axen für verschiedene Strahlen sämmtlich in Einer Ebene liegen, nämlich in der Ebene der gröfsten und kleinsten Axe des Ellipsoïds, und dafs sie gegen jede der letzteren Axen gleichmäfsig neigen, so dafs der Winkel, den je zwei zu irgend einer Farbe gehörigen Axen mit einander bilden, immer durch eine und dieselbe gerade Linie halbirt wird. Diefs wurde lange Zeit als richtig angesehen, und die früheren Versuche von Sir John Her-

krystalls mit andern daselbst angegebenen Gesetzen verknüpfe. Die besagte Abhandlung führt den Titel: über die dynamische Theorie der Reflexion und Refraction bei Krystallen, und ist ein Nachtrag einer andern, die unter gleichem Titel am 9. Dec. 1839 in derselben Academie gelesen wurde. *P.*

schel (*Phil. Transact.* 1820), auf welche Fresnel sich beruft, so wie die Beobachtungen von Sir David Brewster schienen diefs als ein allgemeines Gesetz festzustellen. Späterhin entdeckte jedoch Sir J. Herschel, dafs im *Borax* die optischen Axen für verschiedene Farben in verschiedenen, sehr merklich gegeneinander geneigten Ebenen liegen, und dieselbe Entdeckung machte um dieselbe Zeit (1832) auch Hr. Nörrenberg. Letzterer beobachtete überdiefs, dafs selbst, wenn die optischen Axen sämmtlich in Einer Ebene liegen, es doch Fälle giebt, z. B. beim *Gyps*, wo ihre Winkel nicht von einer und derselben Linie halbirt werden. Diese und andere, seitdem entdeckte Thatsachen beweisen das Irrige der Annahme, dafs die mit dem Namen Elasticitäts-Axen belegten Linien immer gleiche Richtung für jegliche Farbe haben; sie sind unverträglich mit allen seitherigen Begriffen, und widersprechen jeder bis jetzt aufgestellten Theorie. Keiner hat, meines Wissens, auch nur versucht sie zu erklären.

Allein in der Theorie, welche ich aufgestellt, um die Gesetze der Wirkung krystallisirter Körper auf das Licht auszudrücken, und welche schon so viel in ihren Bereich gebracht hat, bieten die in Rede stehenden Erscheinungen durchaus keine Schwierigkeit dar, im Gegentheil sind sie von der Art, dafs sie vor dem Versuch, hätten vorausgesehen werden können. Denn in dieser Theorie mache ich keine Hypothese hinsichtlich der Constitution des Aethers oder der Anordnung seiner Molecüle, auch keine Hypothese, wie die Fresnel'sche, rücksichtlich der mechanischen Bedeutung der Elasticitäts-Axen. Das Daseyn dreier rechtwinklichen Axen mit besonderen Eigenschaften ist auch nicht ein Princip, sondern ein Resultat dieser Theorie; ihre Richtungen werden bestimmt durch ganz analoge Bedingungen, welche die Hauptaxen eines Ellipsoïds aus dessen allgemeiner Gleichung bestimmt; und diese Richtungen sind Functio-

nen gewisser Gröfsen, welche constant sind, wenn die Differentiale der zweiten und der höheren Ordnungen vernachlässigt werden, welche aber variiren, sobald man letztere in Betracht zieht. Die Differentiale höherer Ordnungen führen Glieder ein, die von der Wellenlänge abhängen; und dadurch werden sowohl die *Richtungen* als die *Längen* der Hauptlinien abhängig von der Farbe des Lichts, oder, genauer gesprochen, von der Wellenlänge.

Alles wird leicht verständlich, wenn wir zu den ersten Principien dieser Theorie zurückgehen. Zufolge derselben ist Alles abhängig von der Form der Function V in der allgemeinen dynamischen Function:

$$\iiint dx\,dy\,dz\left(\frac{d^2\xi}{dt^2}\delta\xi+\frac{d^2\eta}{dt^2}\delta\eta+\frac{d^2\zeta}{dt^2}d\zeta\right)=\iiint dx\,dy\,dz\,\delta V$$

aus welcher die Bewegung des Aethers hergeleitet wird. In meiner ersten Abhandlung über den Gegenstand (gelesen in der Academie am 9. Dec. 1839) zeigte ich, dafs wenn blofs die Differentiale erster Ordnung beibehalten werden, die Function V — welche vielleicht mit Recht *Potential* genannt werden kann, da die Bewegung des Systems potentiell oder virtuell darin eingeschlossen ist, — eine Function zweiten Grades ist, bestehend aus den drei Gröfsen X, Y, Z, welche mit den Verschiebungen ξ, η, ζ zusammenhängen durch folgende Relationen:

$$X=\frac{d\eta}{dz}-\frac{d\zeta}{dy}\ ,\quad Y=\frac{d\zeta}{dz}-\frac{d\xi}{dz}\ ,\quad Z=\frac{d\xi}{d\eta}-\frac{d\eta}{dx}$$

Um dieses zu zeigen, mache ich einfach die Betrachtung, dafs die Bewegung eine solche seyn müsse, dafs sie die Bedingung erfülle:

$$\frac{d\xi}{dx}+\frac{d\eta}{dy}+\frac{d\zeta}{dz}=0,$$

welche für die Vibrationen des Lichts charakteristisch zu seyn scheint. Allein dieselbe Bedingung erlaubt uns vorauszusetzen, dafs das Potential nicht blofs die Gröfsen X, Y, Z enthalte, sondern auch deren Differential-Coëfficienten irgend einer Ordnung in Bezug auf die Coor-

dinaten. Diese Voraussetzung ist jedoch zu allgemein, und mufs durch andere Betrachtungen beschränkt werden. Die natürlichste Beschränkung, die man sich auflegen kann, besteht nun in der Annahme, dafs die Gröfsen aller Ordnungen nach demselben Typus gebildet sind, dafs die von irgend einer Ordnung in derselben Weise aus der vorhergehenden entspringen wie die Gröfsen X, Y, Z und ξ, η, ζ. Es giebt besondere Gründe, welche diese Hypothese unterstützen, und welche mich veranlafst haben sie anzunehmen.

Sonach setzend:

$$X_1=\frac{dY}{dz}-\frac{dZ}{dy}\ ,\quad Y_1=\frac{dZ}{dx}-\frac{dX}{dz}\ ,\quad Z_1=\frac{dX}{dy}-\frac{dY}{dx}$$

$$X_2=\frac{dY_1}{dz}-\frac{dZ_1}{dy}\ ,\quad Y_2=\frac{dZ_1}{dx}-\frac{dX_1}{dz}\ ,\quad Z_2=\frac{dX_1}{dy}-\frac{dY_1}{dx}$$

. . . .

betrachte ich das Potential als eine Function zweiten Grades, bestehend aus all den Gröfsen X, Y, Z, X_1, Y_1, Z_1, X_2, Y_2, Z_2, . . . und diefs ist die »mathematische Hypothese«, auf die zu Anfange dieses Artikels angespielt wurde. Auf diese Hypothese verfiel ich vor länger als drei Jahren (Juni 1839); allein ich wagte nicht sie der Academie eher vorzulegen, als bei Lesung meiner zweiten Abhandlung (Mai 1841). Erst ganz kürzlich, in einigen Unterredungen, die ich bei einem kurzen Aufenthalt in Paris mit Hrn. **Babinet** hatte, erregte die Dispersion in Krystallen und namentlich die Dispersion der Elasticitäts-Axen in hohem Grade meine Aufmerksamkeit. Ich dachte natürlich an die erwähnte Theorie, und seit meiner Rückkehr habe ich gefunden, dafs sie eine vollständige Erklärung aller Erscheinungen liefert [1]).

Wie

1) Meine Belehrung über diesen Gegenstand verdanke ich einem kurzen Artikel von den HH. Quetelet und Babinet im *Bulletin de l'acad. roy. de Bruxelles, Vol. II p.* 150, so wie Poggendorff's Annalen, Vol. XXVI p. 309 und Vol. XXXV p. 81.

Wie ich gefunden, giebt sie auch das allgemeine Gesetz, auf zweiaxige Krystalle angewandt, von jener elliptischen und circularen Polarisation, welche man bisher nur beim Quarz und bei gewissen Flüssigkeiten entdeckt hat; während sie für die geradlinige Polarisation ein (sehr möglich, wahres) Gesetz von gröfserer Allgemeinheit als das Fresnel'sche, und eben solcher Eleganz bei nur geringer Abweichung in der Form liefert. Die Hypothese ist deshalb zu allgemein für unseren gegenwärtigen Zweck. Soll sie blofs diejenigen Krystalle umfassen, auf welche das Fresnel'sche Gesetz strenge anwendbar ist, mufs man annehmen, die abwechselnden Derivationen X_1, Y_1, Z_1, X_3, Y_3, Z_3 ... verschwinden in der das Potential repräsentirenden Function. Wenn dann die Coordinat-Axen feste Richtungen in dem Krystalle haben, werden die Elasticitäts-Axen die Axen eines Ellipsoïdes seyn, dessen Gleichung die Form hat:

$$Ax^2+By^2+Cz^2+2Dyz+2Exz+2Fxy=1,$$

in welcher *jeder* der sechs Coëfficienten, z. B. der erste, eine Reihe ausdrückt von der Form:

$$A_0+\frac{A_1}{\lambda_2}+\frac{A_2}{\lambda_4}+\frac{A_3}{\lambda_6}+\ldots.$$

worin λ die Wellenlänge bezeichnet und alle übrigen Gröfsen constant sind. Das Ellipsoïd ist das reciproke von demjenigen, durch welches die Wellenfläche construirt wird, und seine Halbaxen sind die drei Haupt-Brechverhältnisse. Da λ als veränderlich vorausgesetzt ist, so variirt nicht blofs die Länge, sondern auch die Richtung der Hauptaxen, und so haben wir für jede verschiedene Wellenlänge *innerhalb* des Krystalls eine verschiedene Wellenfläche.

Die optischen Axen sind senkrecht auf den Kreisscheiben des obigen Ellipsoïds, und beschreiben im Allgemeinen zwei Stücke eines Kegels, dessen Gleichung gefunden werden kann, wenn λ als veränderlich in der Gleichung des Ellipsoïds angenommen wird. Es sind bis

jetzt nur sehr particuläre Fälle beobachtet worden, und ich will nicht aufhören sie zu erörtern.

X. *Ueber das Gesetz der Doppelbrechung; von James Mac Cullagh.*

(*Phil. Mag. Vol. XXI p.* 407.)

Da ich in dem vorstehenden Aufsatz erwähnt, ich sey im Verfolge einer Hypothese zu einem Gesetz der Doppelbrechung von gröfserer Allgemeinheit als das Fresnel'sche geführt worden, so halte ich es für gut, die Natur dieses Gesetzes kurz anzugeben, und die Verschiedenheit zwischen diesem und dem Fresnel'schen Gesetz nachzuweisen, besonders da ich seitdem bemerkt habe, dafs die Verschiedenheit sehr ungewöhnlicher Art ist, eine solche, dafs sie, wenn sie reelle Existenz hat (worüber nur der Versuch entscheiden kann), zur Erklärung bisher unbegreiflich scheinender Phänomene dienen kann.

In dem vorherstehenden Artikel habe ich gesagt, dafs, wenn man annehme, das Potential V, welches eine Function zweiten Grades ist, enthalte nur die Quadrate und Producte der Derivativen X, Y, Z, X_2, Y_2, Z_2, X_4, . . . man sowohl das Fresnel'sche Gesetz als das Gesetz der Dispersion für Krystalle erhalte. Macht man aber die allgemeinere, und anscheinend natürlichere Voraussetzung, es enthalte auch die Quadrate und Producte der abwechselnden Derivationen X_1, Y_1, Z_1, X_3, Y_3, Z_3, . . ., so bekommt man natürlich ein anderes Gesetz. Nun finde ich, dafs auch dann noch zwei optische Axen für jede Farbe da sind, und die beiden Schwingungs-Richtungen in einer gegebenen Wellenfläche dieselbe Relation wie zuvor haben; während der *Unter-*

schied der Quadrate beider Fortpflanzungsgeschwindigkeiten noch proportional ist dem Product der Sinus der Winkel, welche die Normale der Welle mit den optischen Axen macht. Allein die *Summe* der Quadrate dieser Geschwindigkeiten wird vergröſsert oder verringert durch eine Gröſse proportional dem Quadrat eines Perpendikels, gefällt aus dem Mittelpunkt auf die Tangentialebene eines gewissen, sehr kleinen Ellipsoïds, diese Tangentialebene als parallel der Welle vorausgesetzt. Das ist das allgemeine Resultat für zweiaxige Krystalle; allein seine Bedeutung erhellt am besten, wenn man einen einaxigen Krystall betrachtet, wo das Fresnel'sche Gesetz selbst auf das Huyghens'sche zurückkommt.

In diesem Fall besteht die Wellenfläche statt der Sphäre und des Sphäroïds von Huyghens, aus zwei Ellipsoïden, die einander an den Enden eines gemeinschaftlichen, mit der Axe des Krystalls zusammenfallenden Durchmessers berühren. Das eine Ellipsoïd weicht wenig von der Sphäre, das andere wenig von einem Sphäroïde ab. Keiner der Strahlen wird nach dem gewöhnlichen Gesetz gebrochen, auch wird die Wellenfläche rings um die Axe nicht symmetrisch seyn. Da das Gesetz der Refraction unsymmetrisch ist, wird es auch das der Reflexion seyn, und somit erhalten wir eine Erklärung der auſserordentlichen Erscheinungen, die Sir David Brewster bei Reflexion an der gemeinschaftlichen Fläche von Cassiaöl und Kalkspath beobachtet hat.

Ohne Zweifel wird es befremden, die Genauigkeit des Huyghens'schen Gesetzes in Frage zu ziehen, da es allgemein als durch die Versuche von Wollaston und Malus unwiderruflich festgestellt betrachtet wird. Allein es ist Thatsache, daſs niemals genaue Versuche über die Brechung des ordentlichen Strahls gemacht worden sind. Keiner jener Physiker scheint den geringsten Verdacht an der Anwendbarkeit des gewöhnlichen Gesetzes auf diesen Strahl gehegt zu haben; beide hielten

es für verbürgt, dafs er dem Snell'schen Gesetze folge. Allein ihre Resultate scheinen ganz mit der Voraussetzung verträglich, dafs das Brechverhältnifs des ordentlichen Strahls, für verschiedene Richtungen desselben im Kalkspath, in der dritten und vielleicht selbst in der zweiten Decimalstelle variire. Die Versuche von Rudberg werfen kein Licht auf die Frage; denn, wiewohl er in jedem andern Falle zwei Prismen hatte, gebrauchte er, seltsam genug, beim Kalkspath nur ein einziges. Er konnte daher nicht die Geschwindigkeiten der in verschiedenen Richtungen gehenden Strahlen mit einander vergleichen. Beim Vergleiche seiner Zahlen mit denen von Wollaston und Malus, findet sich, wie Sir David Brewster bemerkt hat [1]), ein »auffallender Widerspruch« ein so grofser, dafs er ganz »beunruhigend« ist. Nachdem er bemerkt, wie schwierig eine Erklärung davon aufzufinden sey, schliefst Sir David, er müsse auf einer Verschiedenheit in dem Brechvermögen verschiedener Exemplare entspringen. Wiewohl diese Ursache allerdings dahin wirken mufs, so wissen wir doch nicht, in welchem Grade, und der Widerspruch kann nichts destoweniger grofsentheils durch eine Abweichung vom Huyghens'schen Gesetz entstanden seyn. Die ganze Frage ist daher wieder aufzunehmen, und die Brechverhältnisse des ordentlichen Strahls müssen mittelst verschiedener, aus einem und demselben Kalkspath geschnittener Prismen für die festen Linien des Spectrums bestimmt werden.

Wie auch das Resultat ausfallen möge, ob das Huyghens'sche Gesetz bestätigend oder nicht, so wird es doch wenigstens für die Wissenschaft nützlich seyn, die gegenwärtige Ungewifsheit bei diesem Gegenstande zu entfernen.

Dublin, 1842, Sept. 24.

1) *Phil. Mag. Ser. III Vol. 1 p.* 8.

XI. *Ueber den Greenovit; von A. Breithaupt.*

Dieses Mineral hatte ich vor einigen Jahren untersucht, und nur als eine neue Species des Titanits erkannt; doch die Krystalle, die ich davon gesehen, waren sehr klein und undeutlich. Hr. Dufrenoy beschreibt jedoch Krystalle, welche auf den ersten Blick an Titanit erinnern, *Annal. d. mines*, *Vol. XVII* [1]).

Hier gebe ich die Merkmale wie ich solche gefunden:

Glasglanz auf Spaltungsflächen, Mittel zwischen diesem und Fettglanz auf dem dichten Bruche.

Farbe tief und frisch fleischroth, mitunter dem Rosenrothen genähert. Strich röthlichweifs.

Kleine derbe Partieen und tetartorhombische Krystalle. Zwei Spaltungsrichtungen [2]) schneiden sich unter 126° 56′, approximativ. Die eine Richtung correspondirt der Gestalt, die in den Titanit-Zeichnungen mit *r* bezeichnet wird, die ich im Allgemeinen primär-prismatisch nehme, *hier* nur *hemiprismatisch*, die andere Richtung der Gestalt *n*, die hemipyramidal gezeichnet wird, aber *hier tetartopyramidal* ist.

(Hier mufs ich die Bemerkung einschalten, dafs ich bisher alle *Titanite* nach Winkeln und Spaltbarkeit für *tetartorhombisch*, alle Sphene aber in denselben Beziehungen für *hemirhombisch* erkannt habe. Es müssen aber Titanite und Sphene in ein Genus gebracht werden (ähnlich wie die Felsite), wo es mehr als vier Specien zu unterscheiden geben dürfte.)

Die Härte in den frischesten Stücken 7.

Das specifische Gewicht 3,527.

1) Vergl. Annal. Bd. LI S. 290.

2) Dieselben zwei Spaltungsrichtungen zweierlei Werths erscheinen an den *blättrigen* Varietäten des *gelben* Titanits, welcher in Amphibolschiefer liegt, z. B. aus dem Stubeithale und aus dem Pfitzschthale in Tyrol, von Uzerch im Departement de la Correze etc. etc.

Wenn man angiebt, dafs der Greenovit aus Titan und Mangan bestehe, und nur wenig Kieselerde von *beigemengtem* Quarze herrühre, so ist diefs blofs zum Theil wahr. Das Mineral zeigt ganz das Löthrohrverhalten anderer Titanite, nur mit dem Unterschiede, dafs es stark auf Manganoxydul reagirt, und dieses wohl jedenfalls als basischer Bestandtheil darin enthalten ist. Die Kieselerde jedoch gehört wesentlich zur Mischung, wovon sich auch Hr. Plattner überzeugte, nachdem er gefälligst eine qualitative Untersuchung veranstaltet hatte.

Wie wir zeither schon einen manganischen Pyroxen, einen manganischen Epidot hatten, so haben wir auch einen manganischen Titanit, diesen in dem Greenovit.

Freiberg am 11. Jan. 1843.

XII. *Beobachtungen am Eisenspath. von A. Breithaupt.*

1) Junckerit identisch mit Eisenspath.

Es ist bekannt, dafs Hr. Dufrenoy mit dem Namen *Junckerit* ein Mineral von Poullaouen in der Bretagne belegte, das, indem es ganz die chemische Zusammensetzung des *Eisenspathes* (des *Carbonites ferrosus*) hatte, in rhombischen Prismen von 108° 28′ krystallisirt seyn sollte. Im vorigen Jahre erhielt ich durch Herrn Dr. Bondi ein Exemplar des sogenannten Junckerits, der ganz so mit Quarz gemengt ist, wie es Hr. Dufrenoy angegeben, und zu dessen Untersuchung mich die täuschende Aehnlichkeit mit Eisenspath einlud. Es ergab sich alsbald, dafs die Krystallisation, welche eine Combination eines rhombischen Prisma's mit einem Dome seyn sollte, aus einer *Combination eines spitzen Rhomboëders mit dem basischen Flächenpaare* bestand, und

dafs *die Spaltbarkeit eben so deutlich und unzweifelhaft flach rhomboëdrisch sey, wie bei dem Eisenspathe.* Die richtige Erkennung wird dadurch erschwert, dafs die Krystalle nicht allein klein, sondern auch zugleich gekrümmt und nicht selten ungleichmäfsig ausgedehnt sind. Dergleichen Verzerrungen einer Krystallisation können ungemein leicht eine Täuschung veranlassen. Es fällt also die specifische Selbstständigkeit des Junckerits und die daraus gefolgert gewesene Dimorphie des kohlensauren Eisenoxyduls weg. Uebrigens sind mir ähnlich mifsgestaltete Krystalle des Eisenspaths von der Grube Neu Leipziger Glück zu Johann Georgenstadt bekannt, und erst ganz kürzlich habe ich wieder solche vom Oligonspath (*Carbonites oligus*) von Ehrenfriedersdorf durch Hrn. Assessor Perl erhalten.

2) Neue Gestalt und neuer Charakter der Combination.

Als ich im letzten Herbste zu Lobenstein anwesend war, fand ich in der Mineralien-Sammlung von Ihro Durchlaucht der verwittweten Frau Fürstin Francisca von Reufs-Lobenstein einen Eisenspath vor, dessen Combination mir ganz neu war. Die Durchlauchtigste Frau hatte die Gnade, mich mit der grofsen prächtigen Druse, welche 30 bis 40 aufsitzende Krystalle von der Gröfse eines Daumengliedes zeigte, zu beschenken, als sie sah, dafs das Stück für mich ein besonderes Interesse habe. In der Taf. II Fig. 4 beigefügten Zeichnung dieser Krystalle erkennt man nämlich das primäre Rhomboëder *R* mit einem *hexagonalen Pyramidoëder* *p* in der um 30° gedrehten Richtung befindlich (nicht etwa ein Skalenoëder). Die horizontale Lage der Kanten an der Basis ist schon hinlänglicher Beweis für *pyramidale* Beschaffenheit dieser Krystallflächen *p*. Eine anderweite Bestätigung lag in den Winkeln, wenn sich solche auch nur mit Annäherung bestimmen liefsen:

125° bis 125¼° an Polkanten,
133½° an Basiskanten.

Die genaue Berechnung ergab, dafs das Pyramidoëder $2P'$ zu formuliren sey, also aus dem Rhomboëder $-2R$ dann entsteht, wenn man aus demselben, nach Anleitung des Ende des §. 247 S. 321 meines Handb. der Mineralogie ein Pyramidoëder $2P$ (welches mit $-2R$ gleiche Hauptaxe und Queraxen hat) ableitet, und dann die Polkanten desselben abstumpft, aus welcher Abstumpfung, nach §. 240 a. a. O., das Pyramidoëder $2P'$ folgt. Die genaue Berechnung für diese Gesalt ergab folgende Neigungen der Flächen:

125° 17′ 40″ an Polkanten,
133° 32′ 32″ an Basiskanten.

Das Auftreten dieses hexagonalen Pyramidoëders am Eisenspathe giebt dem ganzen Genus der Carbonite, in welches der Eisenspath gehört, einen *neuen Charakter der Combination;* denn, während *in der ersten Richtung* die Formen parallelflächig hemiëdrisch — *Rhomboëder, in der Zwischenrichtung* von demselben Grade der Symmetrie — *Skalenoëder* sind, so kommen nun noch *in der zweiten*, um 30° gedrehten, *Richtung* holoëdrische Formen — *hexagonale Pyramidoëder* hinzu. Also ist der Charakter der Combinationen ein derartig zusammengesetzter, wie man solchen bei Corund, Glanzeisenerz etc. kennt, wenn schon hier die Pyramidoëder andere Coëfficienten haben. — Es wird dadurch wahrscheinlich, dafs auch am Kalkspathe hexagonale Pyramidoëder vorkommen, wie solche früher bekanntlich auch angenommen worden sind.

Der beschriebene Eisenspath ist von der an diesem Mineral sehr reichen Grube *Stahlhäuschen im Saalwalde bei Lobenstein* im Reufsischen Voigtlande.

Freiberg im Januar 1843.

XIII. *Ueber die Mineralien, welche Weiſskupfererz genannt worden sind;* *von A. Breithaupt.*

Werner führte in seinem Systeme ein Mineral als *Weiſskupfererz* auf, wofür er Stücke von Lorenz Gegentrum an der Halsbrücke bei Freiberg und aus Sibirien vorzuzeigen pflegte. Aufser diesen zwei Abänderungen sind mir noch andere Fundorte von, jenen ähnlichen, Kiesen bekannt. Ein solches Mineral kommt zu Strasena bei Schmöllnitz vor, ein anderes auf der Grube Briccius bei Annaberg im Erzgebirge, wieder eines in Chile, und endlich eines zu Kamsdorf bei Saalfeld und in dem Mansfeldschen Kupferschiefer. Alle diese Dinge [1]) haben metallischen Glanz, eine gelbe Farbe, die das *Mittel* hält *zwischen weiſslich speisgelb und blaſs messinggelb*, sind spröde und mehr oder weniger mit kupferhaltigen Mineralien im Gemeng oder von diesen begleitet. Im Uebrigen kennt man sie höchst dürftig.

Eines dieser Dinge, das Weifskupfererz von Briccius bei Annaberg, welches jedoch *von* Werner durchaus *nicht mit als seinem Weiſskupfererz angehörig* beachtet wurde, hat man gegenwärtig in ausgezeichneteen Stücken als früher, da sich Hr. Administrator Buchwald für die Anschaffung zur hiesigen Mineralien-Niederlage bemühte. Diefs Mineral ist jedenfalls ein neues eigenthümliches.

Nach Glanz und Farbe wie oben. Strich schwarz.

Krystallisation: die *spärförmigen Zwillinge*, wie sie von dem *Spärkiese* von Littmitz, bei Elbogen in Böhmen, sattsam bekannt sind. Die Krystalle sind jedoch

1) Man vergleiche Kupfereisenkies, S. 253 der dritten Ausgabe meiner vollständ. Charakteristik des Mineral-Systems.

nicht so glattflächig, um ihre Winkel abnehmen zu können. Bei Vergleichung mit dem Spärkiese ergiebt sich jedoch, dafs das Prisma des in Rede stehenden Minerals etwas stärker geschoben seyn müsse. Die Spaltbarkeit ist nicht undeutlich nach diesem Prisma, aber meist durch unebenen und muschligen Bruch unterbrochen. Diese Spaltbarkeit hatte ich schon wahrgenommen, bevor ich noch Krystalle der Substanz kannte.

Die Härte $7\frac{1}{2}$.

Das specifische Gewicht $=4,729$.

Die chemische Beschaffenheit ist von hiesigen Chemikern mehrfach qualitativ geprüft. Das Mineral besteht aus Eisen, Kupfer, Arsen und Schwefel. Kupfer nur 4 Proc. Es verbindet die Reihe der sogenannten Arsenkiese [1]) mit dem prismatischen Schwefelkiese, enthält aber noch aufserdem Kupfer.

Begleiter des Minerals sind: eine Art dichten Brauneisenerzes, zum Theil dem Ziegelerz ähnlich, welches aus der Zersetzung des Minerals hervorgegangen seyn dürfte, und etwas Malachit.

Da es sich bestätigt hat, dafs unter den *Weifskupfererz* bezeichneten Mineralien wenigstens ein selbstständiger neubestimmter Kies enthalten sey, so schlage ich für dieses vom Briccius den Namen *Kyrosit*, von *κυρωσισ*, die Bestätigung, vor.

Das *Weifskupfererz von Chile* von gleicher Farbe in kleinen derben Partieen und mit Malachit vorkommend, ist dem Kyrosit zwar sehr ähnlich, aber doch auch verschieden. Krystallform und Spaltbarkeit unbekannt. Die Härte nur $6\frac{1}{2}$. Das spec. Gewicht $=4,748$. Es besteht aus Schwefeleisen und Schwefelkupfer, Kupfer 12,9 Proc., nach Hrn. Plattner. In der offnen Glasröhre giebt es Schwefel und schwefliche Säure, — aber keine Spur von Arsen.

1) Die hiesige bergacademische Sammlung besitzt Arsenkiese, welche spärförmige Zwillinge und Drillinge nicht minder deutlich als der Spärkies selbst zeigen.

Das *Weifskupfererz* aus Sibirien, ebenfalls von Malachit begleitet, wiegt 4,977.

Freiberg, im Januar 1843.

XIV. *Chemische Untersuchung des Plakodins von der Grube Jungfer, bei Müfsen, zwischen Eisenspath und Nickelglanz vorgekommen* [1]; *von C. F. Plattner.*

In einer, an einem Ende zugeschmolzenen Glasröhre giebt der Plakodin beim Erhitzen auf Kosten der Luft ein Wenig arsenichte Säure. In einer, an beiden Enden offenen Glasröhre giebt er ebenfalls arsenichte Säure und zugleich auch etwas schweflichte Säure, aber von ersterer bedeutend weniger als Kupfernickel. Vor dem Löthrohre auf Kohle ist er ziemlich leicht schmelzbar und giebt Arsen ab, jedoch weniger als ein gleich grofses Stückchen Kupfernickel. Wird das geschmolzene Körnchen mit Borax auf Kohle im Reductionsfeuer behandelt, so bekommt man ein von Kobaltoxyd blau gefärbtes Glas, welches diese Farbe auch unverändert behält, wenn es auf Platindraht im Oxydationsfeuer umgeschmolzen wird. Nach einer wiederholten Behandlung des Körnchens mit Borax, welcher dabei nochmals blau gefärbt wird, ertheilt es dann diesem Flusse im Oxydationsfeuer eine rothbraune Farbe von Nickeloxyd. Wird dieses Körnchen auf Kohle neben Borax mit Probirblei zusammengeschmolzen und die Verbindung auf einer kleinen Kapelle abgetrieben, so wird zwar die Kapelle, von einem geringen Kupfergehalte in der angewandten Probe, schwach dunkelgrün gefärbt, es bleibt aber nicht eine Spur von einem edlen Metalle zurück.

1,297 Grm. des fein gepülverten Minerals, in stark

1) Vergl. diese Annalen, Bd. LIII S. 631.

glänzenden, schönen und allem Anschein nach ganz reinen Kryställchen, wurden in Salpetersäure aufgelöst. Ein, in der grünen Auflösung befindlicher, geringer Rückstand an Schwefel wurde nach der Verdünnung der Auflösung mit Wasser, auf einem gewogenen Filtrum gesammelt, gut ausgesüfst, zuerst an einem warmen Orte und dann im Wasserbade getrocknet; nach der Bestimmung seines Gewichtes wurde er in einem kleinen tarirten Porcellanschälchen verbrannt, und das Gewicht eines gebliebenen, sehr geringen Rückstandes, welcher aufgelöst, mit der Hauptauflösung vereinigt wurde, in Abrechnung gebracht. Das Gewicht des Schwefels betrug 0,008 Grm.

Die verdünnte Auflösung des Minerals wurde mit einer Auflösung von Chlorbaryum versetzt und mehrere Stunden lang stehen gelassen; da aber in dieser Zeit weder eine Trübung noch ein Niederschlag erfolgte, so war die Auflösung frei von Schwefelsäure. Der zugesetzte Baryt wurde daher durch verdünnte Schwefelsäure wieder ausgefällt, und durch die Flüssigkeit wurde Schwefelwasserstoffgas geleitet.

Da in der ersten Zeit ein geringer Niederschlag von Schwefelkupfer entstand, so wurde dieser, noch ehe Schwefelarsen ausfiel, abfiltrirt, und durch die durchgelaufene Flüssigkeit von Neuem so lange Schwefelwasserstoffgas geleitet, bis alle arsenichte Säure reducirt und als Schwefelarsen ausgefällt war. Das Schwefelkupfer wurde auf bekannte Weise in Kupferoxyd verwandelt, und solches nach der Gewichtsbestimmung zu metallischem Kupfer berechnet; der Betrag an Kupfer ergab sich zu 0,01117 Grm.

Nach Verlauf einiger Tage wurde das gefällte Schwefelarsen auf einem gewogenen Filtrum gesammelt, gut ausgesüfst, zuerst an einem warmen Orte und dann im Wasserbade getrocknet. Das darin befindliche Arsen wurde nach der Bestimmung des Schwefels auf bekanntem Wege aus der Differenz gefunden; es betrug 0,515 Grammen.

Die vom Schwefelarsen abfiltrirte Flüssigkeit wurde anfangs im Sandbade und zuletzt im Wasserbade bis zur Trocknifs abgedampft, um die freie Salpetersäure möglichst zu entfernen; die trockne Masse wurde hierauf in verdünnter Chlorwasserstoffsäure wieder aufgelöst und mit Ammoniak im Ueberschufs versetzt, wobei ein sehr geringer Niederschlag entstand, der, nach der Filtration, dem Trocknen und Glühen, 0,006 Grm. wog, und bei der Prüfung vor dem Löthrohre sich als Nickeloxyd mit Spuren von Kobalt- und Eisenoxyd zu erkennen gab.

Die in der ammoniakalischen Flüssigkeit noch aufgelösten Metalloxyde, Nickel und Kobalt, wurden nach der von Phillips angegebenen Methode getrennt, und nach ihrer Gewichtsbestimmung zu Metall berechnet; wobei, mit Berücksichtigung der durch Ammoniak ausgeschiedenen 0,006 Grm. kobalt- und eisenoxydhaltigen Nickeloxyds, 0,73986 Grm. Nickel und 0,01180 Grm. Kobalt erhalten wurden.

Das aus der ammoniakalischen Flüssigkeit geschiedene Nickeloxyd zeigte sich bei der Prüfung vor dem Löthrohre vollkommen frei von Kobaltoxyd; das Kobaltoxyd dagegen zeigte noch eine Spur von Nickeloxyd.

Die Bestandtheile des Plakodins sind demnach:

		in 100 Theilen.
Arsen	0,51500 Grm.	=39,707 Th.
Nickel	0,73986 -	=57,044 -
Kobalt	0,01180 -	= 0,910 -
Kupfer	0,01117 -	= 0,862 -
Schwefel	0,00800 -	= 0,617 -
eine Spur Eisen		
	1,28583	99,140.

Berechnet man die Mischungsgewichte für die wesentlichen Bestandtheile, und betrachtet dabei den Gehalt an Kobalt als Stellvertreter eines gleichen Gehaltes an Nickel, so erhält man folgendes Resultat:

39,707 Th. Arsen = 8,45 Mgw.
57,954 - Nickel incl. Kobalt = 15,68 -

Die Mischungsgewichte des Arsens verhalten sich demnach zu den Mischungsgewichten des Nickels nahe wie 1 : 2, so dafs das Mineral als ein Subarseniat des Nickels $= Ni^2 As$, gemengt oder verbunden mit Nickelglanz, $Ni S^2 + Ni As^2$, und Kupferglanz, $\acute{C}u$, anzusehen seyn dürfte; denn eine Verbindung von 2 Atomen Nikkel mit 1 Atom Arsen enthält:

Arsen	38,866
Nickel	61,134
	100.

XV. *Ueber die Zusammensetzung des Aventuringlases; von F. Wöhler.*

(Aus dem Götting. Gelehrt. Anzeig. No. 179 und 180. 1842.)

Der Aventurin ist ein brauner Glasflufs mit einsitzenden kleinen, sehr glänzenden Flimmern, die ihm ein eigenthümliches schimmerndes Ansehen geben. Er wurde früher zu Kunst- und Schmucksachen verarbeitet. Man verfertigte ihn zu Murano bei Venedig. Als mein Freund und College Hausmann, dem ich diese historischen Angaben verdanke, 1819 die venetianischen Glasfabriken besuchte, wurde er nicht mehr gemacht, und über die Verfertigungsweise war nichts mehr zu erfahren; sie scheint ein Geheimnifs geblieben zu seyn. Die Angaben, die man darüber in den technologischen Werken findet, nach denen er durch Einschmelzen von feinen Gold-, Kupfer-, Messing-, Glimmer- oder Talk-Blättchen in Glas erhalten worden seyn soll, sind unrichtig, wie so-

gleich die mikroskopische Betrachtung des Aventurins deutlich zeigt [1]).

J. G. Gahn hat zuerst die Beobachtung gemacht, dafs die metallisch glänzenden Flimmern im Aventuringlase *Krystalle* sind, die sich bei dem Erkalten der geschmolzenen Masse in derselben ausgeschieden haben müfsten. Als Hausmann 1807 in Fahlun war, zeigte ihm Gahn diese Krystalle unter dem Mikroskope, die sich als regulär sechsseitige und dreiseitige Tafeln darstellten. In der That gewährt die Betrachtung eines Stückchens Aventurin unter dem Mikroskope, bei nur mäfsiger Vergröfserung und auffallendem Lichte, einen überraschend brillanten Anblick; man sieht, dafs jedes Flimmerchen ein regelmäfsiger, glänzender Krystall ist. Die Krystalle sind offenbar Segmente von regulären Octaëdern, jedoch so dünn, dafs man niemals ein ganzes Octaëder beobachten kann. Sie sind dabei vollkommen undurchsichtig. Die Glasmasse, worin sie sitzen, erscheint in dünneren Theilen mit gelblicher Farbe durchsichtig, in gewissen Richtungen mit einem Scheine in's Blaugrüne.

Die Bildung krystallisirter Körper in Massen, die in hoher Temperatur entstanden sind, verdient immer Aufmerksamkeit, namentlich auch in Bezug auf unsere Vorstellungen von der Bildung der krystallisirten Verbindungen des Mineralreiches; es war daher von einigem Interesse zu erfahren, was die Krystalle im Aventurin seyn mochten. Der Verfasser, hoffend dafs die Analyse darüber Aufschlufs geben werde, liefs von Hrn. Schnedermann mehrere Proben Aventurin analysiren. Da derselbe nicht durch Säuren aufschliefsbar war, so wurde die Zersetzung durch Glühen, theils mit kohlensaurem Baryt vorgenommen und im Uebrigen die gewöhnliche Methode für die Analyse der Silicate angewendet. Es ergab sich, dafs

1) Mit dem Aventuringlase ist nicht die Varietät des Bergkrystalles zu verwechseln, welche man, wegen ihrer ähnlichen schimmernden Beschaffenheit, nach jenem Glase ebenfalls Aventurin genannt hat.

ungleiche Stücke Aventurin, wie schon aus ihrem ungleichen Ansehen vorauszusehen war, in Betreff des Quantitativen der Bestandtheile etwas variirten, im Uebrigen aber einerlei Bestandtheile enthielten. Im Mittel von mehreren Analysen wurden aus 100 Theilen folgende Bestandtheile erhalten:

Kieselsäure mit Spuren von Zinnoxyd	65,2
Phosphorsäure	1,5
Kupferoxyd	3,0
Eisenoxyd	6,5
Kalkerde	8,0
Talkerde	4,5
Natron	8,2
Kali	2,1
Thonerde und Schwefelsäure Spuren	
	99,0.

Aus dieser Zusammensetzung liefs sich nur schliefsen, dafs der Aventurin ein gewöhnliches Glas ist, gefärbt und schimmernd durch Kupfer, wahrscheinlich in Form einer Oxydulverbindung. Allein gegen diese letztere Annahme sprach die vollkommene Undurchsichtigkeit der so unendlich dünnen Krystallblättchen. Die mikroskopische Betrachtung des feinen Pulvers von metallischem Kupfer, welches durch Reduction mit phosphoriger oder schwefliger Säure aus der Auflösung eines Kupfersalzes erhalten worden war, gab hierüber entscheidenden Aufschlufs. Solches Kupferpulver, bei etwa 50- bis 80facher Vergröfserung betrachtet, gewährt einen ganz ähnlichen Anblick wie die Flimmer im Aventurin, es besteht aus lauter glänzenden octaëdrischen Krystallen, die theils drei-, theils sechsseitige Flächen zeigen. Es ist daher nicht zu zweifeln, dafs die Krystalle im Aventurin aus metallischem Kupfer bestehen, das sich aus dem schmelzenden kupferoxydhaltigen Glase durch den Zusatz einer reducirenden Materie krystallisirt ausge-

schieden hat. Für diese Annahme sprechen noch zwei Umstände: erstlich dafs dieses Glas so leicht schmelzbar ist, dafs es noch weit unter dem Schmelzpunkte des Kupfers in Flufs kommt, und zweitens dafs Hausmann eine braune Kupfergahrschlacke von Biber in Hessen besitzt, welche ganz ähnliche octaëdrische Flimmern einschliefst, wie der Aventurin [1]).

XVI. *Ueber Granit und Gneufs in Hinsicht der Formen, mit denen sie auf der Erdoberfläche erscheinen; von Leopold v. Buch.*

(Aus den Monatsberichten der Academie. December.)

Fast überall, wo Granit sich verbreitet, läfst sich nicht verkennen, wie das hervortretende Stück einen Theil eines Ellipsoïdes bilde, mit gewölbter Oberfläche. Das ist gar schön am *Brocken* zu sehen, wenn man von Elbingerode über Schierke heraufsteigt. Diese Ellipsoïden sind mehr oder weniger grofs, von vielen Meilen Erstreckung, wie am Riesengebirge, im böhmischmährener Gebirge, im Odenwald, im Schwarzwald, in Cornwall, oder auch nur wie Hügel grofs, aber dann in grofser Zahl aneinandergereiht, wie im südlichen Theile von Hindostan, oder in Schweden und Finnland. Ist der Granit von Gneufs bedeckt, so folgt auch dieser der Form, welche ihm vom Granit vorgeschrieben wird. — Im Innern sind diese Gewölbe aus Schaalen gebildet, welche concentrisch über einander hinliegen, in immer kleineren Bogen, bis zu einer Art von Cylinder, von nur geringer Breite. Die Lage der darauﬂiegenden Gebirgsarten, und die Veränderung, welche durch den Granit an ihren Gränzen hervorgebracht wird, läfst sehr wahrscheinlich vermuthen,

1) Vergl. Journ. für Chemie und Physik, Bd. XIX S. 249.

dafs der Granit selbst als eine Art von Blase sich aus dem Innern erhoben und die ihn bedeckenden Gebirgsarten auf die Seite geschoben, oder ganz zu neuen Gebirgsarten verändert hat. Die Schaalenzertheilung würde eine Folge der Erkältung des, mit hoher Temperatur hervorsteigenden Granits seyn, da Versuche von Gregory Watt und Gustav Bischoff in Bonn eine solche schaalenartige Zertheilung erkältender Massen unmittelbar erweisen. Die Oberfläche dieser Granitgewölbe ist gar häufig mit einer unglaublichen Menge von Blöcken bedeckt, welche von ihrer Lagerstätte nicht entfernt sind, die sich aber oft zu wunderbaren Felsen erheben. So am Brocken, an der Achtermanshöhe, auf dem Riesengebirg, an vielen Stellen im Schwarzwald und ziemlich überall, wo der Granit etwas ausgedehnt vorkommt. Diese Verwüstung auf der Oberfläche hat zu der Legende von *Teufels-Mühlen* Veranlassung gegeben, man nennt sie auch *Felsen-Meere*, in Griechenland *Teufels-Tenne* (Ulrich, Reise, I. S. 121). Auch sie sind *Folge der Zusammenziehung*, daher *Zertheilung* der sich erkältenden Oberfläche; und daher ist es begreiflich, dafs Granit, mehr als andere Gebirgsarten mit solchen Blöcken bedeckt wird. Die Schaalen sind auf ihrer Oberfläche glatt, oft wie polirt. Dafs sie es durch Reibung der einen auf der andern sind, wahre Rutsch-Flächen, erweist sich durch eine Beobachtung, welche in der Mitte der Stadt Stockholm angestellt werden kann. Von Södermalms Schleuse »Stora Glasbruksgata« herauf, nach Catharinakirche, erreicht man gewölbartig gebogene Schichten von Gneufs mit vielen durchsetzenden kleinen Granitgängen. Diese Gänge aber sind ganz regelmäfsig von einer Schaale zur andern *verworfen*, so dafs es offenbar ist, wie eine Schaale über die untere sich vorgedrängt hat; und gewifs nicht ohne sich auf der Reibungsfläche zu glätten und zu poliren. Auch sind die unteren, bedeckten Schaalen eben so glatt und polirt, als die äufserste

an der Oberfläche, wodurch jede *äufsere Ursache* der Glättung, Bewegung von Eismassen oder von schleifenden Blöcken über die Fläche, auf das Bestimmteste ausgeschlossen und zurückgewiesen wird.

Ganz Finnland und der gröfste Theil von Schweden werden von solchen kleinen Granit- und Gneufs-Systemen aus geglätteten Schaalen bedeckt, und wie sie hinter einander fortliegen, zeigt gar deutlich und schön der ideale Durchschnitt von Finnland, der Engelhardt's Umrisse begleitet. Mit Finnlands Südküste endigt sich diese Erscheinung, und es zeigt sich jetzt in dem jenseits des Meerbusens wieder sich erhebenden festen Lande, in Esthland und Liefland eine bewunderungswürdige Ruhe in den Gebirgarten, eine Ruhe und Stetigkeit, die sich nun über den gröfsten Theil des europäischen Rufslands verbreitet und im ganzen übrigen Europa ihres Gleichen nicht wieder findet. Die silurischen Schichten in Esthland liegen nicht nur höchst regelmäfsig und ganz söhlig über einander; sie sind auch so wenig verändert, dafs die organische Reste, die sie umschliefsen, fast überall leicht erkannt, und leicht aus dem Gestein hervor gesammelt werden können. In grofsen Bogen folgen nun die späteren Gebirgsarten bis zum Ural und bis zum Granitellipsoïd der Ukraine.

Dafs der *Gneufs*, der in Schweden und Finnland die Granit-Ellipsoïden bedeckt, wie aller Gneufs überhaupt, seine Entstehung einem *Metamorphismus* verdanke, der ihn, bei der Erhebung des Granits aus vorhandenen Schiefern (durch Eindringen des Feldspaths zwischen den Schiefern, durch Veränderung der Schiefermasse zu Glimmer) gebildet habe, ist eine Ansicht, welche sich schon seit vielen Jahren bei den vorzüglichsten Geognosten festgesetzt hat, und welche zuletzt durch viele scharfsinnige Ausführungen und Betrachtungen, in der Erläuterung der geognostischen Karte von Frankreich durch die Hrn. Du Fresnoy und Elie de Beaumont, nicht wenig be-

festigt worden ist. Dieser Ansicht gemäfs würde aller Gneufs in Schweden und Finnland ehemalige silurische Schichten über den ganzen Norden von Europa voraussetzen; denn wo unveränderte Schichten in diesem Erdstriche hervortreten, gehören sie zu den ältesten Schichten der Transitionsformation. — Mit dem Finnischen Meerbusen endigt sich die Wirkung dieses gewaltigen Metamorphismus und er erscheint nun in Rufsland nicht wieder.

Eine jede Karte der nordischen Länder läfst es nun gar deutlich hervortreten, wie der Finnische Meerbusen eine Fortsetzung, in gleicher Richtung und Breite, der Meerenge sey, welche zwischen Norwegen und Jütland sich eindrängt; und eben auch genau in dieser Richtung und Breite wird Schweden von einer Vertiefung durchschnitten, in welcher eine grofse Reihe von Seen hinter einander fort liegen, eine Vertiefung, die es möglich gemacht hat, Kriegsschiffe durch das feste Land von der Nordsee bis Stockholm zu bringen, ohne die Ostsee zu berühren. Und eben nur in dieser Vertiefung erscheinen die unveränderten Transitionsschichten, an der Motalelv hinauf und in den Westgothländischen Ebenen, welche dieselben organischen Reste umschliefsen als bei Petersburg und bei Reval, und daher auch offenbar zu derselben silurischen Reihe gehören. —

Es wäre nicht unmöglich, dafs noch einst die merkwürdigen Westgothländischen Berge, der *Billingen* mit seinen Fortsetzungen, die *Kinnekulle*, der *Hall-* und *Hunneberg* bei *Wenersborg*, den Schlüssel zur Erkenntnifs liefern, warum denn diese Meerbusen die Gränze der Einwirkung des Granits und des Metamorphismus der Schiefer zu Gneufs bilden. Diese Berge, die wie Festungen über die Fläche aufsteigen, sind die einzigen, welche an *ihren steilen Abhängen* aus unveränderten, versteinerungsreichen Schichten der Transitionsformation bestehen. Nur wenig von ihnen entfernt, in der Fläche

am Fuſse, findet man diese Schichten nicht mehr. Jeder Berg wird aber auch auſserdem von einer, zuweilen sehr bedeutenden Masse eines, wahrscheinlich augithischen Gesteins bedeckt, eine Masse, schwarz und körnig, wie die Basalte von Staffa und von den Hebriden. — Da nun Beobachtungen in Deutschland und Schottland hinreichend erwiesen haben, daſs solche augithische Gesteine aus dem Innern hervortreten, in Stöcken und Gängen und sich auf der Oberfläche der durchbrochenen Schichten verbreiten, so läſst sich nicht zweifeln, daſs auch ein jeder der Westgothländischen Berge im Innern einen basaltischen Cylinder, Stock oder Gang umschlieſse, der die obere Schicht mit einer, sich *weit unter* dem Granit verbreitenden basaltischen oder augithischen Masse verbindet. Der Billingen gleicht hierinnen vollkommen dem Meisner in Hessen, an welchem viele, vom äuſseren Umfang gegen die Mitte geführte Stollen den *innern* basaltischen Kern an das Tageslicht gebracht haben. — Der Gneuſs umgiebt überall wie ein hervortretender Wall diese Berge, *berührt sie aber nirgends unmittelbar*, und es ist in der That sehr zu bezweifeln, daſs man in ganz Skaraborgslän irgend einen Punkt angeben könne, wo Gneuſs oder Granit die Unterlage der, zu Bergen aufsteigenden Transitionssschichten bilde.

Es ist also die groſse, im Innern versteckte basaltische Masse, welche die, durch sie gehobenen und durchbrochenen silurischen Schichten *beschützt* und *sie der metamorphosirenden Einwirkung des Granits* und der, seine Erhebung begleitenden Stoffe *entzogen hat.* In einiger Entfernung (am Hunneberg bei Floh-Kyrcka, eine Meile entfernt) endigt sich das basaltische Gestein in der Tiefe, und der Granit kann wieder an die Oberfläche hervortreten; wenigstens in Småland bis Schonen hin, nicht aber wieder in Esthland und Liefland.

Mit einiger Ueberraschung findet man die gewölbartigen und geglätteten Schaalen des Granits auch in der-

Schweiz wieder. Man hätte sie in einer so zerrütteten, zu so kühnen Formen, Spitzen und Graten aufsteigenden Gebirgskette so leicht nicht erwartet. Auch mögen sie oben an den Gipfeln nicht mehr gesehen werden. Wohl aber wunderschön groſs und ausgedehnt in den Thälern. Dahin gehört die bekannte *Höllenplatte* ober Handeck an der Grimsel, welche in Agassiz Werk von Gletschern als Erläuterung einer, durch Gletscher bewirkten Glättung abgebildet ist. Saussure dagegen (III. S. 459) sah hier *Schichten* über einander, *convexes, posées en retraite les unes sur les autres, comme d'immenses gradins*, und diese Ansicht scheint sich auch am ganzen Grimelpaſs herauf zu bestätigen. Neben der hölzernen Brücke, welche über Handeck von der linken zur rechten Aarseite führt, sieht man ganz nahe glatte Schichten sich unter darauﬂiegenden verbergen und mit gleicher Glätte unter sie hinlaufen. Schöne Gewölbe in Schaalen über einander erscheinen wieder am Sidelhornabhang des Grimselthales und auf dem Grimselpaſs selbst. Saussure würde schwerlich in den »*Rochers moutonnés*«, welche durch diese Schaalen gebildet werden, eine Glättung durch Gletscher erkannt haben; die Erscheinung scheint in der That eine viel umfassendere, gröſsere, allgemeinere Ursache vorauszusetzen, und zu erweisen, als Gletscherwirkungen seyn können.

XVII. *Ueber einige Salze der Unterschwefelsäure und ihre Verbindungen mit Ammoniak;*
von C. Rammelsberg.

Das Nachfolgende sind die Resultate einiger Versuche über mehrere unterschwefelsaure Salze, welche Heeren in seiner bekannten Arbeit [1]) nicht näher untersucht hat, so wie über mehrere bisher noch nicht bekannte Verbindungen von unterschwefelsauren Salzen und Ammoniak.

Unterschwefelsaures Nickeloxyd.

Durch Zersetzung von schwefelsaurem Nickeloxyd und unterschwefelsaurem Baryt erhalten. Es schiefst in langen dünnen Prismen von grüner Farbe an, und ist in Wasser leicht auflöslich. Beim Erhitzen bildet es schweflige Säure und schwefelsaures Nickeloxyd.

2,043 Grm., aufgelöst und mit Kali gefällt, gaben 0,45 Nickeloxyd =22,02 Proc. Danach enthält das Salz 6 At. Wasser, gleich dem Kobaltsalz, und seine Zusammensetzung in 100 ist:

Nickeloxyd	22,97
Unterschwefelsäure	44,08
Wasser	32,98

Unterschwefelsaures Nickeloxyd-Ammoniak.

Setzt man Ammoniak zu einer Auflösung des Nikkelsalzes, so fällt die Doppelverbindung sogleich als ein krystallinisches blaues Pulver nieder. Löst man sie durch Erhitzen in Ammoniak auf, so scheidet sie sich beim Erkalten im reinen Zustande aus.

Die Verbindung bildet kleine prismatische Krystalle, an denen zwei Seitenflächen so breit sind, dafs sie in der Regel als dünne Blättchen erscheinen von einer schönen violettblauen Farbe. Sie wird vom Wasser unter

1) Diese Annalen, Bd. VII S. 55. 171.

Abscheidung von Nickeloxyd und Freiwerden von Ammoniak zersetzt.

1,691 Grm., mit Wasser und Kali anhaltend gekocht, gaben 0,395 Nickeloxyd, während das in Chlorwasserstoffsäure aufgefangene Ammoniak 1,588 Salmiak gebildet hatte, worin 0,508636 Ammoniak. Danach enthält die Verbindung:

	Gefunden.		Berechnet.
Nickeloxyd	23,36	1 At.	23,30
Unterschwefelsäure		1 -	44,77
Ammoniak	30,09	3 -	31,93

Sie ist also $\dot{Ni}\dddot{S} + 3NH^3$.

Der Verlust an Ammoniak wurde durch etwas zu frühe Unterbrechung der Operation herbeigeführt, indem der Inhalt des Kolbens noch etwas Ammoniakgeruch zeigte.

Beim Erhitzen in einer verschlossenen Röhre giebt dieses Salz freies Ammoniak, ein Sublimat aus schwefligsaurem und schwefelsaurem Ammoniak und einen theils gelben, theils schwarzen Rückstand, bestehend aus schwefelsaurem Nickeloxyd und Schwefelnickel.

Unterschwefelsaures Kobaltoxyd-Ammoniak.

Beim Vermischen einer concentrirten Auflösung von unterschwefelsaurem Kobaltoxydul mit Ammoniak und nachherigem Erhitzen erhält man einen grünen Niederschlag und eine violettrothe Flüssigkeit, aus welcher sich beim Erkalten und Stehen rothe Krystalle absetzen. Beim Eindampfen trübt sie sich durch Abscheidung von Kobaltoxydhydrat, und zuletzt krystallisirt unterschwefelsaures Ammoniak heraus.

Jene Krystalle bilden kleine rechtwinklig vierseitige Prismen, welche nach kurzer Zeit braun werden und ihren Glanz verlieren. Mit Wasser behandelt, geben sie eine schwach röthliche Auflösung, welche, neben freiem Ammoniak, Unterschwefelsäure und eine geringe Menge

Kobalt enthält, und einen grünen flockigen Niederschlag, welcher frei von Ammoniak ist, sich in Chlorwasserstoffsäure schon in der Kälte unter Chlorentwicklung auflöst, und Unterschwefelsäure enthält. Er scheint ein basisches Oxydsalz zu seyn.

0,827 Grm. der zerriebenen Krystalle wurden mit Wasser und Kali gekocht. Dabei schieden sich 0,209 eines braunschwarzen Kobaltoxyds ab, welche, der Reduction in Wasserstoffgas zufolge, 0,14943 Kobalt enthielten. Das Ammoniak wurde durch Platinchlorid gefällt, und das Ammoniumplatinchlorid hinterliefs beim Glühen 1,316 Platin, entsprechend 0,22885 Ammoniak.

Um, wenigstens annähernd, den Gehalt an Unterschwefelsäure zu bestimmen, wurde die vom Kobaltoxyd abfiltrirte alkalische Flüssigkeit abgedampft, und der feste Rückstand durch Erhitzen mit Königswasser oxydirt. Aus seiner Auflösung in Wasser wurden 1,192 schwefelsaurer Baryt erhalten, entsprechend 0,36884 Unterschwefelsäure.

Die Verbindung enthält mithin:

	Gefunden.		Berechnet.
Kobaltoxyd	25,27	1 At.	26,51
Unterschwefelsäure	44,60	2 -	46,09
Ammoniak	27,67	5 -	27,40
	97,54		200.

$\overset{\cdots}{Co}\,\overset{\therefore\therefore}{S}^2 + 5NH^3$.

Unterschwefelsaures Zinkoxyd-Ammoniak.

Es fällt beim Erkalten einer heifs gesättigten Auflösung von unterschwefelsaurem Zinkoxyd in Ammoniak nieder, und bildet kleine prismatische Krystalle. Vom Wasser wird es wie das Nickelsalz zersetzt.

1,251 Grm. mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron gekocht, gaben 0,345 Zinkoxyd, und 0,88 Salmiak =0,28186 Ammoniak, d. h. in 100 Theilen:

Zinkoxyd	27,50	1 At.	27,43
Unterschwefelsäure		1 -	49,19
Ammoniak	22,53	2 -	23,38
			100.

Formel: $\dot{Z}n\dddot{S}+2NH^3$.

Beim Erhitzen in verschlossenen Gefäfsen erhält man dieselben Producte wie beim Nickelsalze, nur enthält der Rückstand weniger Schwefelmetall.

Unterschwefelsaures Kadmiumoxyd-Ammoniak.

Diese Verbindung bildet sich auf gleiche Art, wie die übrigen; allein sie ist nicht leicht zum Krystallisiren zu bringen, da sich die Auflösung sowohl beim Abdampfen in gewöhnlicher Temperatur wie in der Wärme als auch durch Zusatz von Alkohol zersetzt. Es gelang zwar, auf die erstgenannte Art die Verbindung nach einiger Zeit in Form eines krystallinischen Pulvers zu erhalten, jedoch nicht frei von dem einfachen Salze und vielleicht auch von Kadmiumoxydhydrat, weshalb die nachfolgende Analyse kein genaues Resultat geben kann. In Wasser erleidet das Salz dieselbe Zersetzung wie die vorhergehenden.

0,661 Grm. lieferten bei der Analyse 0,284 Schwefelkadmium =0,252 Kadmiumoxyd, so wie 0,378 Salmiak =0,12107 Ammoniak. Diefs giebt 38,12 Proc. von jenem, und 18,32 von letzterem, während $\dot{C}d\dddot{S}+2NH^3$ erfordert:

Kadmiumoxyd	37,44
Unterschwefelsäure	42,40
Ammoniak	20,16
	100.

Unterschwefelsaures Silberoxyd-Ammoniak.

Beim Erkalten der Auflösung von unterschwefelsaurem Silberoxyd in Ammoniak schiefst diese Verbindung

in Krystallen an, welche rhombische Prismen darstellen, deren sämmtliche Seitenkanten abgestumpft sind. Sie sind stark glänzend, wegen ihrer geringen Gröfse jedoch nicht gut näher zu bestimmen. Am Lichte werden sie grau.

Sie lösen sich in Wasser vollständig auf.

I. 2,029 Grm., in Wasser gelöst und mit Chlorwasserstoffsäure gefällt, gaben 1,267 Chlorsilber = 1,025 Silberoxyd.

II. 1,216 gaben 0,745 Chlorsilber = 0,5612 metallischen Silbers. Das Filtrat, mit Platinchlorid abgedampft u. s. w., gab Ammoniumplatinchlorid, welches 1,094 Platin hinterliefs, dem 0,190246 Ammoniak entsprechen.

Hiernach hat man:

	Gefunden.				Berechnet.
	I.	II.			
Silberoxyd	50,52	49,57	1	At.	50,13
Unterschwefelsäure		—	1	-	31,16
Ammoniak		15,65	2	-	14,82
Wasser			1	-	3,89
					100.

$\dot{Ag}\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{S} + 2NH^3 + \dot{H}$.

Beim Erhitzen giebt diese Verbindung Wasser, freies Ammoniak, ein Sublimat von schwefligsaurem Ammoniak und zuletzt etwas freie schweflige Säure, während schwefelsaures Silberoxyd zurückbleibt.

XVIII. *Neue Säure des Schwefels; von den HH. Fordos und Gélis.*

Eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron löst, nach Atomgewichten gerechnet, eine gleiche Menge Jod auf. Sie färbt sich dabei erst gegen Ende der Operation gelb, bleibt neutral, setzt keinen Schwefel ab, entwickelt keine

schweflige Säure, und enthält auch keine Schwefelsäure, da sie Barytsalze nicht fällt. Diese von den HH. F. und G. beobachteten Erscheinungen brachten Dieselben auf den Gedanken, es möge wohl bei dieser Reaction das Jod dem unterschwefligsauren Natron die Hälfte seines Natriums entziehen, und der dadurch abgeschiedene Sauerstoff, mit der unterschwefligen Säure sich verbindend, als neue Säure die andere Hälfte des Natrons sättigen, gemäfs der Formel:

$$2NaO.S_2O_2 + J_2 = NaJ_2 + NaO.S_4O_5.$$

Fernere Versuche bestätigten diese Vermuthung. Sie lehrten, dafs unterschwefligsaurer Baryt, mit Jod behandelt, sich ganz ähnlich verhält, dafs das dabei entstehende Gemenge, eingetrocknet, und, mit concentrirtem Alkohol ausgekocht, an diesen das gebildete Jodbarium, so wie den Ueberschufs des Jods abtritt, während das neue Barytsalz zurückbleibt. Dieses aufgelöst, und, wie bei der Darstellung von Unterschwefelsäure, mit Schwefelsäure behandelt, lieferte die neue Säure isolirt. Diese Säure, welche die Entdecker *acide hyposulfurique bisulfuré* nennen, ist nicht zersetzbarer als die Unterschwefelsäure. Sie läfst sich ziemlich einengen, zerfällt aber beim Sieden in Schwefel, schweflige Säure und Schwefelsäure. Von Salz- und Schwefelsäure wird sie nicht zersetzt, wohl aber von Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel. Sie fällt nicht Eisen-, Zink-, Kupfersalze, wohl aber Zinnchlorür, Quecksilberchlorid mit weifser, Quecksilberoxydul mit gelber und Silberoxydsalze mit weifser Farbe. Der Silberniederschlag wird sogleich schwarz, der vom Quecksilberoxydul bei Ueberschufs von Säure. — Zwischen der Unterschwefelsäure (S_2S_5) und der schwefligen Säure (S_5O_5) gäbe es demnach zwei andere: die von Langlois entdeckte (aber noch etwas zweifelhafte) $=S_3O_5$ und die oben beschriebene $=S_4O_5$ (letztere könnte, falls sich die von Langlois nicht bestätigt, vielleicht *überschweflige Säure* heifsen). (*Compt. rend. T. XV p.* 920.)

XIX. *Ueber die unterphosphorichtsauren Salze; von Heinrich Rose.*

Hr. Wurtz hat vor einiger Zeit eine sinnreiche Ansicht über die Zusammensetzung der unterphosphorichten Säure bekannt gemacht [1]), nach welcher dieselbe nicht eine Oxydationsstufe des Phosphors, $\bar{P}+O$, ist, sondern als ein Oxyd eines zusammengesetzten Radicals, $\bar{P}\bar{H}^2$, mit 3 Atomen Sauerstoff verbunden, also als $\bar{P}\bar{H}^2 + 3O$ betrachtet werden könne.

Es ist bekannt, dafs die unterphosphorichtsauren Salze, wenn man die Säure derselben als eine Oxydationsstufe des Phosphors ansieht, Wasser enthalten, das aus ihnen auf keine Weise entfernt werden kann, und dessen Gegenwart man in ihnen nur durch die Analyse oder vielmehr durch die Producte erkennt, welche sie durch die Zersetzung vermittelst einer erhöhten Temperatur bilden. Ich hatte in früheren Zeiten gezeigt, dafs hierbei bei einem Atom des Salzes $(\dot{\bar{P}}+\dot{R})$ $1\frac{1}{2}$ Atome Wasser, oder auf 2 Atome desselben, 3 Atome Wasser zersetzt würden, und dafs sich dadurch unter Phosphorwasserstoffgasentbindung ein pyrophosphorsaures bildet; $2(\dot{\bar{P}}+\dot{R}) + 3\dot{\bar{H}} = \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}} + 2\dot{R} + \bar{P}\bar{H}^3$. Die Auflösungen des zurückbleibenden phosphorsauren Salzes, oder wenn sie im Wasser unauflöslich sind, ihre Auflösungen in Salpetersäure, fällen nach der Neutralisation mit Ammoniak die Silberoxydsalze weifs. Werden hingegen die unterphosphorichtsauren Salze durch Salpetersäure oxydirt, so bildet sich ein metaphosphorsaures Salz mit einem Atom einer feuerbeständigen Base.

1) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. XLIII S. 318.

Bei der Erhitzung der unterphosphorichtsauren Salze bemerkt man indessen stets die Entweichung einer sehr kleinen Menge Wasser. Ich habe dieselbe früher theils für Decrepitations-, theils auch für Krystallisationswasser gehalten, das oft in den Salzen neben dem zu ihrer Existenz nothwendigen Wasser enthalten ist. Wurtz hat bei der Untersuchung des Kalkerdesalzes gefunden, daſs in einem Atom desselben 2 Atome Wasser enthalten wären. Dieſs geht auch schon zum Theil aus meinen eignen früheren Untersuchungen hervor, bei denen ich in demselben 32,66 Proc. Kalkerde gefunden habe [1]); bei anderen Versuchen, wenn die Auflösung nicht unter der Luftpumpe abgedampft war, erhielt ich mehr Kalkerde. Durch die neuere Ansicht von Wurtz aufmerksam gemacht, habe ich in dieser Hinsicht einige Versuche angestellt. Fein zerriebene unterphosphorichtsaure Kalkerde, wenn sie lange getrocknet und in einer Retorte mit lang ausgezogener Spitze erhitzt worden war, während, wie bei organischen Analysen, durch eine Handluftpumpe die Luft ausgepumpt und durch getrocknete Luft ersetzt wurde, gab beim stärkeren Erhitzen in der That etwas Wasser auſser den bekannten andern flüchtigen Producten, selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas, Wasserstoffgas und Phosphor, in welche letztere beide sich durch Erhitzen das Phosphorwasserstoffgas bekanntlich zersetzt.

Man kann deshalb, wie ich glaube, in den unterphosphorichtsauren Salzen 2 Atome Wasser annehmen. Enthält aber die Säure $\text{P}\!\!\!-\text{O}$ 2 Atome Wasser, so kann sie, nach Wurtz, als das Oxyd eines zusammengesetzten Radicals $\text{P}\!\!\!-\text{H}^2$ betrachtet werden, $\text{P}\!\!\!-\text{H}^2+3\text{O}=\dot{\text{P}}\!\!\!-+2\dot{\text{H}}\!\!\!-$. Denkt man sich die zwei Aequivalente von Wasserstoff weg, so hat man phosphorichte Säure; werden die 2 Aequivalente Wasserstoff durch 2 Atome Sauerstoff ersetzt, so hat man Phosphorsäure.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. IX S. 377.

Ich hatte eine andere Ansicht über die Zusammensetzung der unterphosphorichten Säure aufgestellt, ohne indessen auch nur entfernt Gewicht auf dieselbe zu legen. Ich betrachtete die Säure als eine Verbindung von Phosphorsäure und von Phosphorwasserstoff, indem letzterem basische Eigenschaften nicht abgesprochen werden können. Die unterphosphorichtsauren Salze werden dann phosphorsaure Doppelsalze, die eine feuerbeständige und eine flüchtige Base, den Phosphorwasserstoff enthalten, welcher letzterer durch's Erhitzen entweicht. Die Phosphorsäure sättigt dann, wie in der gewöhnlichen Modification derselben, 3 Atome Base. Nimmt man aber in den unterphosphorichtsauren Salzen 2 Atome Wasser an, so kann in ihnen, worauf auch W u r t z schon aufmerksam gemacht hat, statt des Phosphorwasserstoffs, $\bar{P}\bar{H}^3$, eine Verbindung, $\bar{P}\dot{\bar{H}}^4$, angenommen werden, die dem Ammoniumoxyde entspräche. 2 Atome eines unterphosphorichtsauren Salzes, $2\dot{\bar{P}}\dot{R} + 4\dot{\bar{H}} = \overset{.....}{\bar{P}} + 2\dot{R} + \bar{P}\dot{\bar{H}}^4$.

Die unterphosphorichtsauren Salze würden durch diese Ansicht den ätherschwefelsauren in der Zusammensetzung analog, welche letztere als schwefelsaure Doppelsalze, bestehend aus einem schwefelsauren feuerbeständigen Oxyde und aus schwefelsaurem Aethyloxyd zusammengesetzt angenommen werden können. In den Auflösungen beider Arten von Salzen kann die Gegenwart der Säuren, der Phosphorsäure und der Schwefelsäure durch Reagentien nicht gefunden werden.

Die freie unterphosphorichte Säure, oder, nach der eben angeführten Ansicht, die Verbindung von Phosphorsäure, Wasser und Phosphorwasserstoff, oder vielmehr von $\bar{P}\dot{\bar{H}}^4$ zersetzt sich durch's Erhitzen, wie die wasserhaltige phosphorichte Säure in Phosphorsäure und in Phosphorwasserstoffgas. Das Wasser wirkt hierbei wie eine Base, verbindet sich mit der Phosphorsäure und treibt die schwächste Base, den Phosphorwasserstoff, oder vielmehr $\bar{P}\dot{\bar{H}}^4$ aus. Da aber letzteres im freien Zustand

nicht existiren kann, so zerfällt es in PH^3 und in Wasser, auf ähnliche Weise wie das Ammoniumoxyd, das, wenn es aus Verbindungen durch Basen ausgetrieben wird, in Ammoniak und in Wasser zersetzt wird. — Dieser Procefs ist also dem analog, der bei Erhitzung von Aetherschwefelsäure oder vielmehr eines Gemenges von Alkohol und Schwefelsäure stattfindet, und den ich auf eine ganz ähnliche Weise zu erklären gesucht habe.

Hr. Wurtz verwirft diese Ansicht, und zieht die seinige, oben angeführte, derselben vor. Die Gründe, welche ihn dazu bewegen, sind folgende:

Die unterphosphorichte Säure bildet neutrale Salze; wären dieselben phosphorsaure Salze nach der Formel $\dddot{P} + 2\dot{R} + P\dot{H}^4$ zusammengesetzt, so müfsten auch sogenannte saure Salze dargestellt werden können, in welchen 1 Atom $\dot{R}$ durch Wasser vertreten würde, also Salze nach der Formel $\dddot{P} + \dot{R} + \dot{H} + P\dot{H}^4$.

Eben so wenig kann man, nach Wurtz, die Wasserstoffgasentwicklung erklären, die stattfindet, wenn man Auflösungen von unterphosphorichtsauren Salzen mit einem Ueberschufs von einer starken Base kocht, so wie auch die Thatsache, dafs die unterphosphorichtsauren Salze die Kupferoxydsalze zu metallischem Kupfer reduciren (und zwar, wie Wurtz angiebt, unter Wasserstoffgasentwicklung) und nicht Phosphorkupfer bilden, was doch geschehen müfste, wenn in ihnen Phosphorwasserstoff enthalten wäre. Endlich auch kann, nach Wurtz, nach dieser Ansicht der Uebergang der unterphosphorichten Säure in phosphorichte Säure nicht gut erklärt werden.

Diese Gründe sind indessen nicht überzeugend. Was die Wasserstoffgasentwicklung betrifft, welche bei den unterphosphorichtsauren Salzen durch starke Basen stattfindet, so werde ich darüber, so wie über die Verwandlung der unterphosphorichten Säure in phosphorichte Säure,

wei-

weiter unten ausführlicher handeln. Die Thatsache, daſs die Kupferoxydsalze durch die unterphosphorichtsauren Salze nicht in Phosphorkupfer, wie durch Phosphorwasserstoffgas, sondern in metallisches Kupfer verwandelt werden, ist von minderer Wichtigkeit, wenn man in den Salzen $\dot{P}H^4$ annimmt, welches eine andere Wirkung haben kann, als freies Phosphorwasserstoffgas.

Mich haben schon seit längerer Zeit andere Gründe bewogen, die Ansicht, daſs die unterphosphorichtsauren Salze phosphorsaure Salze wären, nicht der einfachsten Ansicht, der nämlich, daſs die unterphosphorichte Säure eine Oxydationsstufe des Phosphors sey, vorzuziehen. Es ist besonders die Vergleichung dieser Säure mit der phosphorichten Säure, die mich dazu bestimmte.

Die phosphorichte Säure hat in ihrem wasserhaltigen Zustande so viele Aehnlichkeit mit der wasserhaltigen unterphosphorichten Säure, daſs beide auf keine andere Weise unterschieden werden können, als dadurch, daſs man sie mit Basen sättigt, um durch die entstandenen Salze, die sich freilich in vielen Stücken wesentlich von einander unterscheiden, die Säuren zu erkennen.

Beim Erhitzen zeigt die wasserhaltige phosphorichte Säure ganz dieselben Erscheinungen, wie die wasserhaltige unterphosphorichte Säure. Sie verwandelt sich unter Entwicklung von Phosphorwasserstoffgas in Phosphorsäure.

Auch die phosphorichtsauren Salze haben mit den unterphosphorichtsauren Salzen in sofern Aehnlichkeit, als sie wie diese Wasser enthalten, welches zu ihrer Existenz nothwendig ist, dessen Gegenwart aber auf keine andere Weise erkannt werden kann, als durch die Analyse oder durch die Producte, welche sie beim Erhitzen liefern.

Wenn man indessen auch die phosphorichte Säure als eine Verbindung von Phosphorsäure mit Phosphor-

wasserstoff oder mit PH^4 uud die phosphorichtsauren Salze als phosphorsaure Salze betrachten wollte, die Phosphorwasserstoff neben feuerbeständigen Basen enthalten, so werden dadurch die Verhältnisse sehr verwickelt.

Die phosphorichte Säure bildet Salze, welche auf ein Atom der Säure, zwei Atome einer feuerbeständigen Base und entweder ein oder zwei Atome Wasser enthalten. Der zweite Fall ist der bei weitem häufigere. Im ersteren Fall entwickeln sie beim Erhitzen ein Gemenge von Phosphorwasserstoffgas und Wasserstoffgas, und man könnte sie betrachten als phosphorsaure Salze, in denen nur ein Theil der feuerbeständigen Base durch PH^4 vertreten wird. $4(\dddot{P} + 2\dot{R} + \dot{H}) = 3\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + 8\dot{R} + P\dot{H}^4$; auf ein Atom der Phosphorsäure sind in ihnen 3 Atome Base enthalten. Beim Erhitzen dieser Salze wird etwas Phosphorwasserstoff durch das Wasser des $P\dot{H}^4$ oxydirt, und Phosphorsäure und freies Wasserstoffgas gebildet, denn der Rückstand besteht nicht aus $3\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + 8\dot{R}$, sondern aus $4\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + 10\dot{R}$. Phosphorwasserstoff hat indessen eine grofse Neigung bei Gegenwart von einer bedeutenden Menge von feuerbeständigen starken Basen sich in Phosphorsäure und in Wasserstoffgas zu zersetzen.

Die phosphorichtsauren Salze, bei deren Erhitzen 2 Atome Wasser zersetzt werden, und die sich dabei unter Wasserstoffgasentwicklung in phosphorsaure verwandeln, müfste man als mehr basische Salze ansehen, in denen die feuerbeständigen Basen zum Theil durch Wasser vertreten sind. Aber die Art der Zusammensetzung ist eine so unwahrscheinliche, dafs man auf diese Ansicht vollständig verzichten mufs. 4 Atome des Salzes würden nämlich wie ein phosphorsaures Salz zu betrachten seyn, das aus 3 Atomen Phosphorsäure und 13 Atomen Base besteht; es ist nämlich $4(\dddot{P} + 2\dot{R} + 2\dot{H})$ $= 3\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + 8\dot{R} + \dot{P}H^4 + 4\dot{H}$.

Unter den sauren phosphorichtsauren Salzen finden sich mehrere, die einfachere Verhältnisse zeigen, und die man zum Theil in der That wie phosphorsaure Salze betrachten kann, die PH^4 enthalten, und in denen ein Theil der feuerbeständigen Basen durch Wasser vertreten wird. Es sind indessen dieselben noch zu wenig untersucht, um aus der Zusammensetzung derselben einen Schlufs auf die der phosphorichten Säure selbst zu thun. Ich beschäftige mich gegenwärtig mit diesem Gegenstand.

Wenn diese Betrachtungen die Ansicht, dafs die phosphorichte Säure eine Verbindung von Phosphorsäure mit Phosphorwasserstoff sey, sehr unwahrscheinlich machen, so wird es dieselbe noch mehr, wenn man bedenkt, dafs die der phosphorichten Säure entsprechenden Verbindungen des Phosphors mit dem Chlor und Brom sehr charakteristisch sind, und ähnlichen Verbindungen mit dem Arsenik und dem Antimon gleichen, bei denen die entsprechenden Sauerstoffverbindungen nicht fehlen.

Es wird ferner die erwähnte Ansicht durch den Umstand sehr unwahrscheinlich, dafs es mir nicht geglückt ist, ungeachtet einer sehr grofsen Menge von Versuchen, die Phosphorsäure in phosphorichte oder in unterphosphorichte Säure zu verwandeln, indem ich sie auf mannigfaltige Weise mit Phosphorwasserstoffgas behandelte. Wasserfreie Phosphorsäure absorbirt nicht Phosphorwasserstoffgas, ein Umstand, welcher freilich in sofern nicht sehr beweisend seyn kann, als nach meinen Versuchen auch das trockne Ammoniakgas nicht von wasserfreier Phosphorsäure aufgenommen wird. Aber auch, wenn ich Phosphorwasserstoffgas durch Phosphorsäure leitete, welche bis zur Syrupsdicke abgedampft worden, oder in gröfseren Verhältnissen mit Wasser verbunden war, so wurde nichts davon absorbirt, und es konnte keine phosphorichte Säure in derselben entdeckt werden, wenn eine Selbstentzündung des Gases sorgfältig vermieden wurde. Nur wenn diefs nicht geschehen war, bildete

sich durch unvollkommene Verbrennung des Phosphors im Gase etwas phosphorichte Säure. — Auch phosphorichte Säure, zur Syrupsdicke abgedampft, absorbirt kein Phosphorwasserstoffgas.

Wenn indessen die Ansicht, die unterphosphorichte, so wie die phosphorichte Säure wären Verbindungen von Phosphorwasserstoff mit Phosphorsäure, keine wahrscheinliche ist, und nicht der vorgezogen werden kann, beide Säuren einfach als verschiedene Oxydationsstufen des Phosphors zu betrachten, so hat die Ansicht des Hrn. Wurtz, die unterphosphorichte Säure für eine Oxydationsstufe eines zusammengesetzten Radicals, $\not{P}\not{H}^2$, zu halten, viel weniger Wahrscheinlichkeit für sich.

Nach Wurtz ist die Säure $\not{P}\not{H}^2 + 3O (= \dot{\not{P}} + 2\dot{\not{H}})$ und die Salze sind $\dddot{\not{P}}\not{H}^2 + \dot{R}$; die Gründe, die er für seine Ansicht aufstellt, sind im Kurzen folgende:

Die Säure wird dadurch eine einbasische, wodurch genügend erklärt wird, dafs sie keine sauren Salze, und kein Doppelsalz mit Kali und Natron bildet. — Wenn indessen die Säure einfach für eine Oxydationsstufe des Phosphors gehalten wird, so kann sie eben so gut eine einbasische seyn und keine sauren Salze bilden.

Er erklärt daraus, aber auf eine unrichtige Weise, die Zersetzungsproducte, welche die unterphosphorichtsauren Salze durch's Erhitzen geben. Nach Wurtz geben 3 Atome der unterphosphorichten Säure, wenn sie mit Basen verbunden sind, folgende Producte:

$$\begin{array}{llll}
2P + & & 5O & \\
3P + & & O & \text{(Phosphoroxyd)} \\
P + & 3H & & \\
 & 6H + & 3O & \\
 & 3H & & \\
\hline
\end{array}$$

$$6P + 12H + 9O = 3\not{P}\not{H}^2 O^3 = 3\dot{\not{P}} + 6\dot{\not{H}}.$$

Diese Zersetzungsproducte sind indessen ganz willkührlich angenommen. Da beim Erhitzen der unterphos-

phorichtsauren Salze unter Phosphorwasserstoffgasentwicklung ein (pyro) phosphorsaures Salz $(\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + 2\dot{R})$ zurückbleibt, und sich durch Oxydation mit Salpetersäure ein (meta) phosphorsaures Salz $(\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + \dot{R})$ bildet, so folgt hieraus ganz einfach, dafs von 3 Atomen unterphosphorichter Säure (wenn sie als Salz mit Basen verbunden sind) $1\frac{1}{2}$ At., und nicht 1 At. Phosphorsäure znrückbleiben. Die andere Hälfte des Phosphors bildet Phosphorwasserstoffgas, das gasförmig entweicht, aber durch die Hitze, welche zur Zersetzung des Salzes erforderlich ist, zum Theil in Phosphor und in freies Wasserstoffgas zersetzt wird. Es bildet sich freilich dabei eine dem Phosphoroxyd entfernt ähnliche Substanz, die hartnäckig bei dem phosphorsauren Salze zurückbleibt, und sich nicht auflöst, wenn man dasselbe mit Chlorwasserstoffsäure behandelt. Dieselbe ist aber sehr unbedeutend; wie aus meinen früheren Untersuchungen hervorgeht, beträgt dieselbe oft nicht ein Procent des rückständigen Salzes, bisweilen zwischen ein und zwei Procent, selten mehr. Nach Wurtz sollte aber der Phosphorgehalt dieses vermeintlichen Phosphoroxyds zu dem der gebildeten Phosphorsäure in dem Verhältnisse wie 3 : 2 stehen. — Man könnte freilich annehmen, dafs das Phosphoroxyd sich durch die Hitze in Phosphor und in Phosphorsäure zerlege, und dafs dadurch die nicht unbedeutende Menge des reinen Phosphors herrühre, der sich bei der Erhitzung zeigt, und den Wurtz gar nicht unter den Zersetzungsproducten erwähnt. Indessen dadurch müfste die Menge der rückständigen Phosphorsäure noch beträchtlicher werden, deren Menge nach Wurtz nur unbedeutend ist, und nur ein Drittel vom Phosphorgehalte des Salzes enthalten soll.

Ich habe schon früher meine Bemerkungen über die rothe Phosphorsubstanz angestellt, die bei der Auflösung der geglühten unterphosphoricht- und phosphorichtsauren

Salze zurückbleibt [1]). Die Menge derselben richtet sich nach der Menge der atmosphärischen Luft, die in der Retorte, in welcher der Versuch geschieht, enthalten ist. Aus den Eigenschaften, die dieser Körper zeigt, ergiebt sich, dafs derselbe nicht aus Phosphoroxyd bestehen kann; er hat Aehnlichkeit mit einem sehr unreinen Phosphorstickstoff. In jedem Falle ist die Erzeugung der Substanz eine ganz unwesentliche, und eine nur zufällige.

Von der Zersetzung der reinen wasserhaltigen unterphosphorichten Säure bei erhöhter Temperatur in Phosphorsäure und in Phosphorwasserstoffgas erwähnt Herr Wurtz nichts, und giebt auch keine Erklärung dieser Zersetzung.

Wurtz unterstützt endlich die von ihm aufgestellte Ansicht durch die Thatsachen, dafs Kali aus den unterphosphorichtsauren Salzen Wasserstoffgas entwickle, wodurch dieselben in phosphorichtsaure Salze verwandelt werden, so wie dafs bei der Reduction der Kupferoxydsalze durch unterphosphorichtsaure Salze sich ebenfalls Wasserstoffgas entbinde. Ueber beide Thatsachen erlaube ich mir hier folgende Bemerkungen.

Ich hatte vor längerer Zeit gefunden, dafs die Auflösungen der unterphosphorichtsauren Salze durch Kochen mit starken Basen reines Wasserstoffgas entwickeln, und dafs namentlich die Auflösung des unterphosphorichtsauren Kalis durch Kochen mit Kalihydrat sich gänzlich in phosphorsaures Kali verwandelt [2]). Es war mir daher auffallend, dafs Hr. Wurtz behauptete, dafs sich hierbei nur ein phosphorichtsaures Salz bilde.

Ich habe daher die Versuche wiederholt, und ein ähnliches Resultat wie früher erhalten. Ich konnte indessen deutlich bemerken, dafs bei der Einwirkung der Kalilösung auf unterphosphorichtsaures Kali zwei Perio-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XI S. 82.

2) Ebendaselbst, Bd. XII S. 297.

den stattfinden. Die Wasserstoffgasentwicklung hört plötzlich bei einer gewissen Concentration der Flüssigkeit auf, fängt erst wieder an, wenn die Kalilösung sehr concentrirt wird, und hört gänzlich auf, wenn das Kali stark breiartig geworden ist. Bei der ersten Periode bildet sich phosphorichtsaures Kali, das sich, ebenfalls unter Wasserstoffgasentwicklung, in phosphorsaures verwandelt, wenn die Kalilösung sehr concentrirt und fast bis zur Trocknifs abgedampft wird. — Ich habe früher phosphorichtsaures Kali vermittelst Kalilösung nicht in phosphorsaures verwandeln können, unstreitig wohl, weil ich zu wenig Kali oder die Lösung zu verdünnt angewandt hatte.

Diese Verwandlung eines unterphosphorichtsauren Salzes in ein phosphorsaures glückt besonders nur bei dem Kalisalze, das man sich leicht rein in bedeutenden Mengen verschaffen kann [1]). Wendet man unterphosphorichtsaure Kalkerde an, so bekommt man vermittelst Kalilösung beim Kochen wohl Wasserstoffgas; es ist mir aber nicht geglückt, die Oxydation vollständig bis zur Bildung von Phosphorsäure zu bringen. Der Rückstand in verdünnter Chlorwasserstoffsäure gelöst, gab mit Quecksilberchloridauflösung Quecksilberchlorür.

Ich leitete früher die Zersetzung des Wassers durch unterphosphorichte Salze vermittelst starker Basen von der Verwandtschaft der letzteren zur Phosphorsäure her. Diese Ansicht scheint mir auch jetzt noch die ungezwungenste zu seyn. Es giebt mehrere niedrige Oxydationsstufen eines Elements, welche bei Gegenwart von starken Basen unter Wasserstoffgasentwicklung sich in höhere verwandeln, wenn diese wie Säuren sich verhalten. Schon vor sehr langer Zeit machte ich darauf aufmerksam, dafs das blaue Titanoxyd selbst bei gewöhnlicher Temperatur diese Zersetzung bewirke [2]).

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XXXII S. 469.

2) Gilbert's Annalen, Bd. LXXIII S. 140.

Nach Hrn. Wurtz wird die Wasserstoffgasentwicklung bei den unterphosphorichtsauren Salzen durch starke Basen dadurch bewirkt, dafs das zusammengesetzte Radical PH^2 seinen Wasserstoff verliert, und der Phosphor mit dem Sauerstoff phosphorichte Säure bilde. Wir haben aber gesehen, dafs die phosphorichtsauren Salze durch Alkalien dieselbe Zersetzung erleiden, nur bei stärkerer Concentration. Auch zersetzen, wie schon oben angeführt wurde, die meisten phosphorichtsauren Salze, ohne Zusatz von starken Basen, bei erhöhter Temperatur 2 Atome Wasser und bilden unter Wasserstoffgasentwicklung phosphorsaure Salze.

Noch weit auffallender war mir die von Hrn. Wurtz angegebene Thatsache, dafs die unterphosphorichtsauren Salze die Kupferoxydsalze unter Wasserstoffgasentwicklung zu metallischem Kupfer reduciren. Der Wasserstoff wird, nach ihm, aus dem Radical PH^2 frei, und die phosphorichte Säure reducirt im Entstehungsmomente das Kupferoxyd.

Wäre diese Thatsache richtig, so wäre es sehr wahrscheinlich, dafs viele meiner Versuche, welche ich vor längerer Zeit über die Zusammensetzung der unterphosphorichten Säure angestellt hatte, keine richtigen Resultate gegeben hätten. Ich hatte zu diesem Zwecke durch gewogene Quantitäten von unterphosphorichtsauren Salzen-Gold aus Goldauflösungen und Quecksilberchlorür aus Quecksilberchloridauflösungen gefällt; aus der Menge der Fällung berechnete ich die Zusammensetzung der Säure. Aus denselben Gründen, wie bei der Reduction der Kupferoxydsalze, hätte hierbei Wasserstoffgas sich entwickeln müssen, wovon ich nichts bemerkte. Auch stimmten die erhaltenen Resultate über die Zusammensetzung der unterphosphorichten Säure mit denen überein, die ich auf andere Weise erhalten hatte.

Die Kupferoxydsalze lassen sich durch unterphosphorichtsaure Salze schwerer reduciren, als die Salze des

Quecksilbers und des Goldes. Aber die Reduction erfolgt vollständig beim Erhitzen in ganz fest verstopften Flaschen. Auch beim Kochen erfolgt die Reduction, ohne dafs ich die mindeste Entwicklung von Wasserstoffgas dabei wahrnehmen konnte. Ich wandte eine Auflösung von unterphosphorichtsaurer Baryterde an, von welcher ich eine ungewogene Menge mit einem Ueberschufs von schwefelsaurer Kupferoxydauflösung in einem fest verschlossenen Glase bei erhöhter Temperatur behandelte. Ich erhielt eine Mengung von schwefelsaurer Baryterde mit metallischem Kupfer. Letzteres konnte weder vollständig durch Kochen mit Salpetersäure noch mit Königswasser von ersterer getrennt werden; denn diese blieb nach dem Kochen etwas röthlich, sie wog 1,650 Grm. Selbst durch Schmelzen mit chlorsaurem Kali behielt die schwefelsaure Baryterde eine schwach röthliche Farbe, obgleich die geschmolzene Masse, mit Wasser und Chlorwasserstoffsäure behandelt, durch Schwefelwasserstoffgas Schwefelkupfer gab, dessen Menge indessen nicht bestimmt wurde. — Das aus der Auflösung gefällte Kupferoxyd wog 1,988 Grm., die 1,587 Grm. Kupfer enthalten. Würde die Reduction ohne Wasserstoffgasentwicklung erfolgt seyn, so würden auf 100 Th. schwefelsaurer Baryterde 108,5 Th. reducirten Kupfers kommen. Ich erhielt von letzterem etwas weniger, weil die gewogene schwefelsaure Baryterde Kupfer enthielt. — Würde indessen die Reduction unter Wasserstoffgasentwicklung erfolgen, so kämen auf 100 Th. schwefelsaurer Baryterde nur die Hälfte der angeführten Menge des reducirten Kupfers, also 54,2 Th.

Man sieht aus diesen Betrachtungen, dafs die Ansicht von Wurtz über die Zusammensetzung der unterphosphorichten Säure nicht annehmbar ist. Ich lege, wie ich schon angeführt habe, kein Gewicht auf die Ansicht, diese Säure als eine Verbindung von Phosphorsäure und Phosphorwasserstoff zu betrachten. Aber von beiden

Ansichten ist unstreitig die letztere bei weitem annehmbarer als die erstere, besonders weil alle Erscheinungen, welche die freie wasserhaltige Säure und ihre Salze bei erhöhter Temperatur zeigen, in der besten Uebereinstimmung mit dieser stehen.

Aber ich habe oben ausführlich die Gründe entwikkelt, warum auch diese Ansicht der einfachsten nicht vorzuziehen ist, die Säure als eine Oxydationsstufe des Phosphors zu betrachten. Als solche hat sie zwar einige ungewöhnliche Eigenschaften. Sie ist eine starke Säure, obgleich sie auf ein Doppelatom Phosphor nur ein Atom Sauerstoff enthält; ihre Salze enthalten ferner Wasser, welches aus denselben nicht ausgetrieben werden kann; aber diese Eigenschaften dürfen, wie ich glaube, kein Grund seyn, deshalb in der unterphosphorichten Säure eine ungewöhnliche Zusammensetzung anzunehmen, wenigstens nicht früher, so lange dieselbe nicht durch Analogien gerechtfertigt wird. Man hat Grund, diefs um so weniger zu thun, als so viele Chemiker in der neuesten Zeit in der Zusammenstellung der chemischen Formeln mehr Willkühr zeigen, als erlaubt ist; oft blofs, um durch sinnreiche und scharfsinnige Combinationen Aufsehen zu erregen.

XX. *Ueber ein neues Vorkommen des Nickels;*
von Th. Scheerer in Christiania.

Vor einiger Zeit wurden mir von einem Kaufmann aus der Stadt Lillehammer, im südlichen Norwegen, einige Erzstufen aus der dortigen Gegend zur näheren Untersuchung eingesendet. Die Hauptmasse dieser Stufen bestand aus grünlich schwarzer Horblende, in welcher Parthien von Kupferkies und einem licht bronzebraunen Mineral eingesprengt waren, das bei oberflächlicher Betrachtung Magnetkies zu seyn schien. Durch das Verhalten dieses Minerals vor dem Löthrohre, und noch mehr durch seine Prüfung auf dem nassen Wege, überzeugte ich mich jedoch bald, dafs dasselbe durch einen nicht unbedeutenden Nickelgehalt ausgezeichnet sey. Aufserdem wurden darin Eisen, Schwefel und etwas Kupfer als Bestandtheile aufgefunden; von Arsenik war dagegen keine Spur vorhanden. Diese Data waren für mich hinreichend, um das Mineral einer genaueren quantitativen Untersuchung zu unterwerfen. Die Analyse geschah nach den bekannten Rose'schen Vorschriften. Zur Trennung des Nickels vom Eisen bediente ich mich der sehr zu empfehlenden Methode von Fuchs, nach welcher man die Auflösung des Nickeloxyduls und Eisenoxyds, bei Vermeidung einer erhöhten Temperatur, mit kohlensaurem Baryt behandelt. Ich mache jedoch hierbei darauf aufmerksam, dafs man sich vorher davon überzeugt haben mufs, ob der kohlensaure Baryt, den man anzuwenden gedenkt, auch ganz kalkfrei ist. Solcher kohlensaure Baryt, wie er aus chemischen Fabriken als *chemisch reiner* bezogen wird, ist keineswegés stets ganz frei von kohlensaurem Kalk. Bei meiner ersten Analyse des in Rede stehenden Minerals machte ich diese Erfahrung

leider erst dadurch, dafs ich eine nicht unbedeutende Menge Kalkerde in dem abgeschiedenen, von mir für chemisch rein gehaltenen Nickeloxydul auffand. In solchem Falle kann man sich allenfalls noch dadurch auf dem kürzesten Wege helfen, dafs man das geglühte Gemenge von Nickeloxydul und Kalk mit verdünnter Essigsäure übergiefst, wodurch die Kalkerde ausgezogen, aber freilich auch eine geringe Quantität Nickeloxydul gelöst wird, die man am besten durch Schwefelammonium fällen kann.

Das Resultat der Analyse war folgendes:

36,45	Schwefel
42,70	Eisen
18,35	Nickel
1,16	Kupfer
98,66.	

Der Kupfergehalt rührt von fein eingesprengtem Kupferkiese her, von dem das Mineral sehr schwierig zu befreien ist. Zieht man deswegen eine der Quantität von 1,16 Kupfer, nach der bekannten Zusammensetzung des Kupferkieses, entsprechende Menge Eisen und Schwefel von den obigen Bestandtheilen ab, so erhält man als eigentliche Zusammensetzung des Minerals, wenn man zugleich den stattgefundenen Verlust von 1,34 Procent auf alle Bestandtheile verhältnifsmäfsig vertheilt:

37,02	Schwefel
43,73	Eisen
19,25	Nickel
100,00.	

Die wirkliche Zusammensetzung des Minerals ist jedoch auch hiermit noch nicht ganz genau bestimmt. Ich fand nämlich später, dafs das Erzpulver eine kleine Quantität Magnetkies beigemengt enthielt, welche, mit Hülfe eines Magnets von dem nicht magnetischen Nickelmine-

rale getrennt werden konnte. Eine zweite Analyse eines auf diese Art von eingemengtem Magnetkiese befreiten Mineralpulvers gab folgende Zusammensetzung:

36,64	Schwefel
40,21	Eisen
21,07	Nickel
1,78	Kupfer
99,70.	

Bringt man auch hier den beigemengten Kupferkies in Anschlag, so erhält man:

36,86	Schwefel
40,86	Eisen
22,28	Nickel
100,00.	

Die Zusammensetzung entspricht mit hinreichender Genauigkeit einer Verbindung von 3 Atomen Schwefel, 2 Atomen Eisen und 1 Atom Nickel, also wohl am wahrscheinlichsten der Formel:

$$2\acute{Fe} + \acute{Ni},$$

nach welcher die Zusammensetzung des Minerals seyn sollte:

36,54	Schwefel
41,07	Eisen
22,39	Nickel
100,00.	

Die äufseren Kennzeichen des Minerals sind folgende:

Farbe: licht bronzebraun.

Farbe des Pulvers: etwas dunkler.

Aeufsere Form: krystallinische Massen, in Hornblende eingewachsen.

Innere Form: Blätterdurchgänge parallel den Flächen eines regulären Octaëders.

Glanz: metallisch, nicht stark.

Bruch: auf Stellen wo sich keine Blätterdurchgänge zeigen, feinkörnig in's Muschlige.

Härte: etwa die des Magnetkieses.

Specifisches Gewicht: 4,60.

Magnetismus: das Mineral ist *nicht* magnetisch.

Verhalten vor dem Löthrohre: das geröstete Mineralpulver, in Borax gelöst, zeigt in der oxydirenden Flamme die Farben des Eisens, in der reducirenden wird die Glasperle schwarz und undurchsichtig von reducirtem Nickel.

Vorkommen: die Hornblendemasse, in welcher das Mineral angeblich in nicht unbedeutender Menge vorkommt, scheint einen mächtigen Gang zu bilden.

Aus mehreren Daten des Angeführten folgt, dafs das Mineral eine bisher unbekannte Species der Nickelerze ist. Ich schlage vor dasselbe *Eisen-Nickelkies* zu nennen. — Es ist möglicherweise der Eisen-Nickelkies, dessen Einmengung den Nickelgehalt einiger Arten Magnetkies verursacht. Dafs es nickelhaltige Magnetkiese giebt, ist ein Factum, welches mir schon seit dem Jahre 1837 bekannt ist, zu welcher Zeit ich einen Magnetkies aus der Umgegend von Modum analysirte, der dort in grofsen Massen vorkommt. Ich fand damals dessen Zusammensetzung:

40,46	Schwefel
56,03	Eisen
2,80	Nickel
0,40	Kupfer
99,69.	

Spuren von Nickel habe ich, seit dieser Zeit, auch in Magnetkiesen von andern Fundstätten entdeckt. Man hat also in Zukunft, bei der Aufsuchung von Nickelerzen, nicht blofs seine Aufmerksamkeit auf die früher bekannten Erze dieser Art, sondern auch auf alle Magnetkiese und magnetkiesähnlichen Mineralien zu richten. Es

ist eine nicht unwahrscheinliche Möglichkeit, dafs manche der bis jetzt für gewöhnlichen Magnetkies gehaltenen Mineralien entweder nickelhaltiger Magnetkies oder selbst Eisen-Nickelkies seyn können, und auf diese Weise eröffnet sich den Neusilberfabrikanten eine neue, gewifs nicht unwillkommene Aussicht zur Erlangung des jetzt immer seltener und theurer werdenden Nickelerzes. Im Falle, dafs man späterhin wirklich mehrere solcher Fundstätten entdeckt, sind damit aber leider noch nicht alle Schwierigkeiten aus dem Wege geräumt, da bisher kein metallurgischer Procefs bekannt ist, vermittelst welchen man Nickel völlig von Eisen, namentlich aber von einer so grofsen Menge, wie es in den gedachten beiden Nikkelerzen vorkommt, befreien kann. Diese Schwierigkeit dürfte jedoch wohl keinesweges unüberwindlich seyn. — Dafs der Eisen-Nickelkies an der erwähnten Stelle von Kupferkies begleitet wird, ist ein sehr glückliches Zusammentreffen. Man könnte nämlich möglicherweise Kupfer und Nickel zugleich im Zustande einer Legirung gewinnen, welche von den Neusilberfabrikanten gern gekauft werden würde. Auf diese Weise glaubt man auch in Schweden eine dort in neuerer Zeit gefundene Mischung von Kupferkies und nickelhaltigem Magnetkies zu Gute machen zu können, und es sind in dieser Absicht bereits Versuche, unter der Leitung des Prof. Sefström angestellt worden, deren Ausfall mir aber nicht bekannt ist. Wo Kupferkies in solchem Verhältnisse zum Nickelerze vorkommt, dafs die daraus gewonnene Legirung durch ihren Kupfergehalt eine hinreichende Leichtflüssigkeit erhält, könnte man das Erzgemisch gewifs durch einen ganz ähnlichen Schmelzprocefs, wie der bei kiesigen Kupfererzen angewendete, zu Gute machen; wo aber der Nickelgehalt vorherrschend ist, würde man die Legirung, namentlich auf dem Gaarherde, nicht mehr durch die gewöhnlichen Schmelzmittel in Flufs erhalten können.

XXI. *Darstellung von Wärmebildern.*
(Aus einem Schreiben des Hrn. Prof. Knorre)[1].

Kasan, $\frac{6}{18}$ Jan. 1842.

Im Anfang October vorigen Jahres erhielt ich die erste Kunde von der Entdeckung des Hrn. Prof. Moser, zu Königsberg, und da ich gerade etwas freie Zeit hatte, so benutzte ich dieselbe, um jene Entdeckungen zu prüfen. Die Resultate, welche ich in meiner Abhandlung specieller dargestellt habe, sind aus einer grofsen Anzahl von Versuchen gezogen, bei denen ich von Hrn. Stud. Magsig mit Thätigkeit und Umsicht unterstützt wurde. Ich versuchte zunächst das Abbilden zweier Körper auf einander, und fand hier Hrn. Prof. Moser's Angaben vollkommen bestätigt. Hierauf schritt ich weiter zu der Untersuchung, ob nicht wirklich Temperaturdifferenzen hierbei eine wesentliche Rolle spielen, und gelangte zunächst zu dem Satz: Durch Vergröfserung der Temperatur-Differenz zwischen der Platte und dem abzubildenden Körper wird die Zeit, die zur Abbildung nöthig ist. verkürzt. Beträgt die Temperaturdifferenz 50° R., so sind 3″ bis 5″ hinreichend, um ein vollkommen deutliches Bild zu erhalten. Bei dieser Temperaturdifferenz wurden Bilder erhalten, wenn beide Körper nicht mehr als $\frac{1}{2}$ Secunde mit einander in Berührung waren.

Ich bemerkte, dafs bei fortschreitender Erhöhung der Temperaturdifferenz die Bilder durch den Hauch leichter sichtbar wurden, und diefs weiter verfolgend, kam ich zu dem Satz :Durch Erhöhung der Temperaturdifferenz

1) Eine ausführliche Abhandlung über den Gegenstand, die der Verfasser der Petersburger Academie übersandt hat, hoffe ich den Lesern später mitzutheilen. *P.*

renz kann man dahin gelangen, Bilder zu erhalten, die, ohne Condensirung von Dämpfen, unmittelbar sichtbar sind.

Es sind diese unmittelbar sichtbaren Bilder, die man auch auf andere Weise erhalten kann, welche ich Wärmebilder (Thermographien) nenne; nicht nur Erhöhung der Temperaturdifferenz, sondern erhöhte Temperatur überhaupt scheint ihre Bildung zu bedingen. Ich habe bis jetzt auf drei verschiedene Weisen solche unmittelbar sichtbare Bilder erhalten, von denen viele an Schönheit und Schärfe nichts zu wünschen übrig liefsen; das Verfahren, welches sich mir bis jetzt am vortheilhaftesten zeigte, habe ich in einem Nachtrag zu meinem Aufsatz folgendermafsen angegeben:

Das Verfahren, welches in der Anmerkung zu Satz 13. angegeben wird, um unmittelbar sichtbare Bilder zu erhalten, zeigte sich, wie dort gesagt ist, nur vortheilhaft für schlechtere Wärmeleiter; obgleich auch gute Wärmeleiter auf diese Weise schon Bilder gaben, so blieb doch noch zu untersuchen, ob nicht von diesen durch Erhöhung der Temperatur bessere Bilder zu erhalten wären. Diefs hat sich denn auch gezeigt, und wir sind hierdurch zu einem Verfahren gekommen, welches vielleicht eine solche Ausbildung wird erhalten können, dafs man mit Sicherheit stets eine gute Abbildung erhält, wenn nur der abzubildende Körper eine Temperatur verträgt, die höher als die des siedenden Wassers und niedriger als diejenige ist, bei welcher Stahl die gelbe Farbe anzunehmen beginnt. Wir verfuhren zur Erlangung solcher Wärmebilder auf folgende Weise: Ueber die Flamme einer Berzelius'schen Weingeistlampe würde eine dünne Kupferplatte von ungefähr 20 Quadratzoll Gröfse gelegt, auf diese kamen die Platten, worauf das Bild entstehen sollte, welche bei unseren Versuchen 5 Quadratzoll Gröfse hatten, und auf diese die abzubildenden Körper. Letztere waren gewöhnlich ein Stahlstempel, ein Jaspispetschaft,

ein kleines Stahlpetschaft, sorgfältig gereinigte Platinmünzen und zwei verschiedene gravirte Kupferplatten. Hierauf wurde das Ganze nicht zu schnell erhitzt, bis zu der Temperatur, wo eine gut polirte Kupferplatte eine merkbare Veränderung ihrer Farbe zeigt. Hierauf wurde die Lampe verlöscht und die Körper von der Platte genommen. Auf diese Weise hat besonders mein Gehülfe bei diesen Versuchen, Herr Stud. Magsig, eine ziemliche Anzahl Bilder erhalten, die besonders auf Kupferplatten oft so schön waren, dafs es mir leid that dieselben vernichten zu müssen, um die Platten zu neuen Versuchen anzuwenden. Die Dicke der Platten war gewöhnlich $\frac{1}{6}$ Linie, doch sind auch Platten von $\frac{1}{2}$ Linie Dicke mit gleichem Erfolg benutzt worden. Die Dauer der Erhitzung war im Mittel 8 bis 10 Minuten, die geringste 3, die gröfste 16 Minuten. Es war übrigens gleich, ob die Erwärmung durch die Platte zum abzubildenden Körper oder umgekehrt vor sich ging, wenn nur der gehörige Hitzgrad erreicht wurde. Vorzugsweise wurden Kupferplatten angewendet, doch haben wir auch mehrere gelungene Bilder auf mit Silber plattirtem Kupfer und auf Messing erhalten. Ich hatte nur eine einzige sehr schlecht polirte Stahlplatte, auf welcher ich jedoch ein ganz leidliches Bild des Stahlstempels erhielt. Am schönsten zeigten sich jedoch diese Wärmebilder, denn so glaube ich dieselben mit Recht nennen zu dürfen, auf Kupferplatten, wo Farbenspiele hervortraten, die höchst interessant sind, und welche ich durch einfache Erhitzung polirter Kupferplatten nicht erhalten konnte; diese verdienen wohl von einem Chemiker genauer untersucht zu werden. In wiefern bei diesen Farbenspielen etwa elektrische Thätigkeit im Spiele seyn mag, darüber hoffe ich mit der Zeit noch selbst einige Untersuchungen anzustellen, wenn ich mir die dazu nöthigen Hülfsmittel verschaffen kann.

Seitdem ich die vorstehende Notiz schrieb, habe ich

mich fast ausschliefslich der angegebenen Methode bedient. Bilder erhielt ich stets, doch nicht immer von gleicher Güte, wie diefs bei einem noch so rohen Verfahren auch nicht anders möglich ist. Zeit und Umstände verhindern mich, mir zu diesen Versuchen besondere Apparate verfertigen zu lassen, mit denen die Versuche wissenschaftlicher angestellt werden könnten. Auch bin ich der Meinung, dafs man mit Hülfe der Elektricität, besonders bei Anwendung der stärker elektrischen Batterien, wird Abbildungen auf polirten Platten erhalten können, wenn man den Uebergang der Elektricität an den abzubildenden Stellen unterbricht. Ich kann hierüber jetzt keine Versuche anstellen, da es mir noch an einer guten Säule fehlt. Nach der oben angeführten Weise habe ich auch Abbildungen von Kupferstichen und Holzschnitten erhalten, die freilich nicht schön aussehen, aber vollkommen deutlich sind. Eine Abbildung eines Holzschnitts auf Messing, die nachher noch auf andere Weise behandelt wurde, nahm sich recht hübsch aus; eine andere Abbildung desselben Holzschnitts auf Kupfer zeigte eine besondere Eigenthümlichkeit. Der Holzschnitt stellte die Minerva auf dem Throne vor; im Bilde auf der Kupferplatte waren die dunkeln Linien der Figur der Minerva durch Linien dargestellt, die eine andere Farbe als der Grund der Platte hatten; im Bilde des Thrones aber verhielt es sich gerade umgekehrt. In meiner Abhandlung ist unter 4. 5. und im Nachtrag die Rede vom Verschwinden und wieder Sichtbarwerden der Bilder, hiermit bin ich bis jetzt immer noch nicht recht im Klaren, glaube aber, gestützt auf mehrere neue Versuche, jetzt darüber Folgendes sagen zu können.

Bei den Moser'schen Bildern sowohl als bei meinen Wärmebildern müssen verschiedene Entwicklungsstufen unterschieden werden. Bei den Moser'schen Bildern hat die Entwicklungsstufe des Bildes Einflufs auf die Condensation der Dämpfe und auf die Dauer des

Bildes im Allgemeinen, bei den meinigen hat dieselbe Einflufs sowohl auf die Dauer des Bildes, als auch auf das Verhalten desselben bei Erhitzung der Platte, auf welcher es entstand.

Bei einigen Versuchen, wo ich den abzubildenden Körper früher von der Platte nahm, als ich die Entstehung eines Wärmebildes erwartete, zeigte sich dasselbe doch ganz deutlich, hatte aber keine Dauer, einige verschwanden sogar sehr schnell, und konnten durch Erhitzung der Platte nicht wieder hervorgerufen werden. Andere dauerhafte verschwanden jedoch allmälig bei langsamer fortgesetzter Erhitzung der Platte; wurde diese Erhitzung unterbrochen als das Bild aufgehört hatte unmittelbar sichtbar zu seyn, so konnte es doch durch Condensirung von Dämpfen wieder sichtbar gemacht werden; es war also zu einem Moser'schen geworden, fuhr man mit der Erhitzung fort, so trat das Bild meistens wieder hervor und wurde zuweilen stärker als früher, einige wurden sogar negativ. Einige Bilder verschwanden nicht ganz, sondern wurden nur geschwächt und traten dann wieder stärker hervor; andere veränderten sich unter denselben Umständen wie die vorhergehenden gar nicht. Wieder andere Bilder verschwanden durch Erhitzung ganz, so dafs sie auch nicht als Moser'sche zurückblieben. Die Versuche wurden auf Silber, Kupfer und Messing gemacht, die Oxydation hindert aber die Reinheit derselben. Chemisch reines Silber habe ich bei meinen Versuchen nicht anwenden können, sondern nur plattirte Platten aus französischen Fabriken; diese verhielten sich aber nicht alle gleich, manche überzogen sich bei starker Erhitzung mit einem grauen Schein.

In No. 14 meines Aufsatzes heifst es:

Bei der constanten Temperatur 0° R., sowohl der Platten als der abzubildenden Körper, geschieht die Abbildung nur schwierig und erscheint uns sogar zweifelhaft.

Die Versuche, worauf dieser Satz gegründet ist, wurden in einem Calorimeter gemacht; die Dauer der Berührung war 2 bis 9 Stunden. Zu dem dort Gesagten kann ich noch folgenden Versuch fügen, der einige Male wiederholt wurde.

Eine gravirte Kupferplatte wurde im Zimmer auf eine polirte Platte gelegt und in das Freie gebracht, wo die Temperatur —15° bis —20° R. war; nach 12 bis 20 Stunden war ein schönes Moser'sches Bild entstanden; waren aber die Platten einige Stunden der Kälte ausgesetzt gewesen, und dann in der Kälte über einander gelegt worden, so war nach derselben Zeit und unter denselben Umständen kein Bild zu erkennen. Diesem entgegengesetzt ist folgender Versuch, den ich aber erst einmal gemacht habe.

Ein Stahlstempel wurde auf der Platte über der Lampe 4 Minuten lang erhitzt, dann eine polirte Silberplatte neben ihn gelegt und mit der Erhitzung 3 Minuten fortgefahren; dann wurde der heiſse Stempel auf die heiſse Platte gesetzt und noch 1 Minute erhitzt, es zeigte sich ein dauerhaftes, sehr deutliches Bild. Der Stahlstempel wurde sogleich auf eine andere Stelle der Silberplatte gesetzt und noch 50 Secunden erhitzt, der Erfolg war wie vorher. Der Stempel wurde sogleich auf eine dritte Stelle gesetzt und noch 40 Secunden erhitzt, auch jetzt noch zeigte sich ein dauerhaftes Bild, jedoch schwächer als die früheren.

Wegen alles Uebrigen muſs ich mir erlauben mich auf meinen, an die Petersburger Academie gesendeten Aufsatz zu beziehen, der hoffentlich bald in Ihre Hände kommen wird. — Gestern machte ich noch eine Beobachtung, die ich mich nicht erinnere irgendwo erwähnt gefunden zu haben. Seit einiger Zeit habe ich einen Multiplicator fest aufgestellt, dessen Doppelnadel, die an einem einzigen Coconfaden hängt, zwar starken Magnetismus, aber nur schwache Richtkraft hat. Als ich gestern

damit arbeiten wollte und einen sehr schwachen thermoelektrischen Strom durchgehen liefs, war ich erstaunt die Nadel ganz im Kreise herumgeworfen zu sehen, was früher nicht geschah; ich fand bald, dafs die Nadel ganz vollkommen astatisch geworden war. Ein dicht bei dem Multiplicator aufgestelltes Thermometer zeigte +10° R., es war noch nicht so kalt im Zimmer gewesen. Als nach einer Stunde das Thermometer bis etwas über 11° R. gestiegen war, zeigte die Nadel wieder Richtkraft. Bei Versuchen mit sehr schwachen Strömen finde ich überhaupt sehr nöthig auf die Veränderung der Intensität des Magnetismus der Nadeln sorgfältig Rücksicht zu nehmen, wenn man nicht bei constanten Temperaturen arbeiten kann.

XXII. *Ueber Thermographie oder die Kunst, Zeichnungen und Druckschrift von Papier auf Metall mittelst Wärme zu übertragen; von Hrn.* **Robert Hunt** *zu Falmouth.*

Secretair der K. Cornwaller polytechnischen Gesellschaft.

(*Phil. Mag. Ser. III Vol. XXI p.* 462 (December 1842)).

[Wir theilen den thatsächlichen Inhalt dieses Aufsatzes mit, obwohl er in manchen Stücken mit dem des vorhergehenden und der von G. Karsten (S. 115 dieses Bandes und S. 492 des Bd. LVII) übereinkommt, um so die Unabhängigkeit dieser drei fast gleichzeitigen Entdeckungen einer und derselben Sache die Leser vollständig beurtheilen zu lassen. Wir fügen in Bezug auf Hrn. Hunt noch hinzu, dafs derselbe durch den folgenden Aufsatz die Existenz von dunklen Lichtstrahlen zu läugnen und alle denselben zugeschriebenen Erscheinungen auf Wärmestrahlen zu beziehen gesonnen ist, eine Ansicht, die indefs von Hrn. Prof. Moser, S. 105 dieses Bandes, abgewiesen worden ist, und hoffentlich noch einer ferneren Kritik unterworfen werden wird. *P.*]

---

1) Im *Philosophical Magazine* für September 1840 erwähnt Dr. Draper als eine lang bekannte Thatsache,

»dafs wenn auf ein sehr *kaltes* Stück Glas oder besser einen *kalten* Metallspiegel ein kleiner Gegenstand, z. B. ein Stück Metall, gelegt, und darauf behaucht wird, alsdann, nach vorsichtiger Fortnahme des Gegenstandes, bei einer abermaligen Behauchung stets ein Bild (*spectral image*) von letzterem zum Vorschein komme, selbst noch mehre Tage nach dem ersten Versuche.« Er führt noch mehre andere ähnliche Versuche an, welche sämmtlich zeigen, dafs eine gewisse geheimnifsvolle Molecular-Aenderung an der Metallfläche stattgefunden habe, welche diese veranlasse, Dämpfe ungleichmäfsig zu condensiren.

2) Bei Wiederholung dieses einfachen Versuchs finde ich es zur Erlangung eines guten Effects nothwendig, ungleiche Metalle zu gebrauchen. So giebt ein Stück Gold oder Platin auf einer Kupfer- oder Silberplatte ein sehr entschiedenes Bild, wogegen Kupfer und Silber auf ihren eigenen Metallen nur ein sehr schwaches liefern; Körper, welche schlechte Wärmeleiter sind, geben, auf gute Wärmeleiter gelegt, entschieden die stärksten Eindrücke bei dieser Behandlung.

3) Auf eine gut polirte Kupferplatte legte ich eine Goldmünze (*Sovereign*), eine Silbermünze (*Shilling*), eine grofse silberne Medaille, und eine Kupfermünze (*Penny*), erwärmte dann die Platte von unten durch eine Weingeistlampe, und setzte sie, als sie erkaltet war, Quecksilberdämpfen aus. Jedes Stück hatte seinen Eindruck gemacht, allein die Goldmünze und die grofse Medaille den deutlichsten; es war nicht nur der Rand angedeutet, sondern auch die Schrift bei jeder kopirt.

4) Eine Bronzemedaille mittelst Holzstreifchen über eine Kupferplatte gelegt, einen Achtelzoll davon entfernt. Nach Anquicken (*Mercurialisation*, d. h. mit Quecksilberdämpfen) war der von der Medaille bedeckte Theil wohl bezeichnet, und ringsum, in einem beträchtlichen Abstande davon, war das Quecksilber ungleichmäfsig abgelagert, dadurch dem Bilde einen schattirten Rand ge-

bend. Die vom Holz (? — das Original hat: *Mercury*?) berührten Stellen waren dick mit dem Dampfe belegt.

5) Die obigen Münzen und Medaillen legte man sämmtlich auf eine andere Platte, erhitzte diese stärker als es die Hand ertragen konnte, und liefs sie nun auf derselben erkalten. Die Abdrücke auf die Platten standen ihrer Stärke nach in folgender Ordnung: Gold, Silber, Bronze, Kupfer. Die Masse des Metalls zeigte einen wesentlichen Einfluss auf das Resultat. Ein grofses Stück Kupfer machte einen besseren Eindruck als ein kleines Stück Silber. Wenn diese Platte dem (Quecksilber?) Dampfe ausgesetzt wurde, waren die Resultate wie zuvor (3, 4). Beim Abreiben des Dampfs fand sich, dafs Gold und Silber permanente Abdrücke auf dem Kupfer gemacht hatten.

6) Bei Wiederholung des obigen Versuchs bei noch stärkerer Hitze war das Bild der kupfernen wie der übrigen Münzen höchst getreu; allein nur Gold und Silber hatten permanente Bilder gegeben.

7) Nun wurde mit einer versilberten Kupferplatte bei mäfsiger Wärme experimentirt (3). Quecksilberdampf brachte gute Bilder von Kupfer und Gold hervor; beim Silber war es da, aber nicht recht scharf.

8) Nachdem ich die obigen Versuche vielmals mit demselben Erfolg wiederholt hatte, war ich begierig zu sehen, ob Elektricität ähnlich wirke. Es wurden also kräftige Entladungen durch und über die Platten und Scheiben geleitet, dieselben auch einem lang anhaltenden Strom ausgesetzt, doch ohne Erfolg. Nun wurde die Platte (7) von ihrem Silber befreit, mit den darauf gelegten Münzen und Medaillen erwärmt, und Schlägen aus einer sehr grofsen Leidner Flasche unterworfen. Hierauf den Quecksilberdämpfen ausgesetzt kamen recht hübsche Abdrücke zum Vorschein, und, seltsam genug, farbige (*spectral*) Bilder von denen, welche auf die Platte gelegt worden, als sie versilbert war (7), ein Beweis, dafs

der Einflufs, von welcher Art er auch seyn mag, bis zu einer gewissen Tiefe in das Metall ausgeübt wurde.

9) Auf eine Kupferplatte legte ich blaues, rothes, orangenfarbenes Glas, Kron- und Flintglas, Glimmer und ein quadratisches Stück Zeichenpapier. Ich liefs sie eine halbe Stunde darauf liegen. Der vom rothen Glase bedeckte Raum war wohl bezeichnet, der vom orangefarbenen weniger deutlich, und der vom blauen gar nicht sichtbar. Die Gestalten vom Flint- und Kronglas kamen gut zum Vorschein, und ein merkwürdig starker Abdruck war da, wo das Zeichenpapier gelegen hatte; allein der Glimmer hatte keinen Abdruck gemacht.

10) Der letzte Versuch wurde wiederholt, die Platte dann den Quecksilberdämpfen ausgesetzt und nun erwärmt, um diese zu vertreiben. Dennoch blieben die Abdrücke.

11) Der Versuch wurde wiederholt, aber Joddampf statt des Quecksilberdampfs angewendet. Die Abdrücke der Gläser erschienen in derselben Ordnung wie zuvor; allein es wurde auch ein sehr schöner vom Glimmer gebildet, und das Papier wohl angedeutet, zum Beweise, dafs zwischen der angewandten Substanz und dem angewandten Dampf eine Beziehung stattfindet.

12) Die zuvor gebrauchten Gläser (9 etc.) und ein Stück wohl berufsten Glases wurden eine halbe Stunde lang ein Zwölftelzoll über einer polirten Kupferplatte liegen gelassen. Quecksilberdampf brachte nur das Bild vom berufsten Glase zum Vorschein.

13) Alle diese Gläser wurden auf das Kupfer gelegt und schwach erwärmt, das rothe und das berufste Glas gaben nach Bedampfung (*vaporisation*) gleich deutliche Bilder, dann kam das orangefarbene; die übrigen hinterliefsen nur schwache Anzeigen ihrer Formen. Poliren mit Tripel und Zinnasche entfernte nicht die Bilder des rothen und des berufsten Glases.

14) Auf ein mit berufstem Aetzgrund überzogenes Glas wurde eine Zeichnung radirt und dann dasselbe

auf Kupfer gelegt. Nur das Bild des Glases kam zum Vorschein.

15) Eine von Papier ausgeschnittene Figur wurde mittelst Glas auf eine Kupferplatte gedrückt, und dann sanft erwärmt. Durch Quecksilberdämpfe kam ein schöner deutlicher Abdruck zum Vorschein. Beim Versuch, den Dampf abzureiben, fanden sich alle vom Papier bedeckt gewesenen Theile amalgamirt mit Quecksilber, das sich andererseits von den übrigen Theilen der Platte entfernen liefs. Daraus entstand dann eine vollkommen permanente weifse Zeichnung auf der polirten Kupferplatte.

16) Die zuvor genannten Gläser (9, 12) nebst einem dicken Stück Holzkohle, einer Kupfermünze, dem Glimmer und Papier, wurden auf eine Kupferplatte gelegt und dem vollen Sonnenschein ausgesetzt. Quecksilberdampf brachte Bilder hervor, in folgender Ordnung: von berufstem Glase, Kronglase, rothem Glase, vom Glimmer schön gezeichnet, orangefarbenem Glase, Papier, Kohle, Münze, blauem Glase, sonach deutlich zeigend, dafs es nur die Wärmestrahlen seyen, welche Einflufs auf das Metall haben. Dieser Versuch wurde mit verschiedenen Metallen und mit verschiedenen Substanzen wiederholt, und dabei die Platten dem Dampf von Wasser, Quecksilber und Jod ausgesetzt. Beständig fand ich, dafs diejenigen Substanzen, welche die Wärme am meisten absorbirten oder durchliefsen, die besten Bilder gaben. Bei den blauen und violetten Strahlen konnte nicht die geringste Spur einer Wirkung entdeckt werden, und da Bilder (*Spectra*), die von dem durch diese Gläser gegangenen Licht auf photographischem Papier hervorgebracht werden, den Beweis liefern, dafs grofse Mengen unsichtbarer Strahlen diese Gläser frei durchdringen, so können wir diese (Strahlen) als gänzlich unvermögend, eine Aenderung bei einem compacten einfachen Körper zu bewirken, ansehen.

17) In einem Aufsatz, den ich im *Philosophical Ma-*

gazine für October 1840 veröffentlichte, erwähnte ich einiger Fälle, wo ich bedruckte Blätter und Kupferstiche auf jodirtes Papier copirt hatte, bloſs indem ich sie den Wärmestrahlen einer künstlichen Wärmequelle aussetzte. In Erwägung der Wahrscheinlichkeit, daſs wir durch solche Processe im Stande seyn möchten, Zeichnungen zu kopiren, schlug ich den Namen *Thermographie* vor, um sie somit von der *Photographie* zu unterscheiden.

18) Ich versuchte nun die Wirkung einer Druckschrift in dichter Berührung mit einer wohl polirten Kupferplatte. Nach Bedampfen mit Quecksilber fand ich die Umrisse sehr getreu auf das Metall übertragen.

19) Eine Papier-Verzierung wurde zwischen zwei Glasplatten gepreſst und erwärmt. Auf dem unteren oder wärmeren Glase kam ein mäſsig deutlicher Abdruck zum Vorschein, kaum aber eine Spur auf dem andern.

20) Rosenblätter wurden auf eine, dem vollen Sonnenschein ausgesetzte Zinnplatte getreu copirt; allein bei längerem Liegenlassen im Dunklen wurde ein besserer Abdruck erhalten.

21) Um die Entfernung auszumitteln, in welcher Körper noch copirt werden möchten, legte ich auf eine polirte Kupferplatte ein Stück dickes Tafelglas, auf dieses ein Quadrat von Metall und verschiedene andere Dinge, eins immer etwas gröſser als das darunter liegende. Auf alle diese legte ich eine Holzbüchse, welche sonach mehr als einen halben Zoll von der Platte stand. So lieſs ich die Dinge über Nacht stehen. Nach Bedampfen mit Quecksilber fand sich jeder Gegenstand copirt, der Boden der Holzbüchse getreuer als alle übrigen, und mit den Adern des Holzes auf der Platte abgebildet.

22) Da ich durch eine Reihe von Versuchen gefunden hatte, daſs geschwärztes Papier einen stärkeren Abdruck macht als weiſses, so ward ich begierig, ob sich

Druckschrift copiren lassen würde. Es gelang theilweis bei mehren Metallen; allein erst als ich Kupferplatten, die an einer Seite amalgamirt waren, anwandte und dem Quecksilber eine sehr hohe Politur verlieh, brachte ich Etwas gutes hervor. Bei sorgfältiger Zubereitung der amalgamirten Oberfläche des Kupfers war ich zuletzt im Stande Kupferstiche, Holzschnitte, Lithographien vom Papier mit überraschender Genauigkeit zu copiren. Die ersten Proben zeigten eine Kleinlichkeit von Detail und eine Schärfe der Umrisse ganz gleich denen der ersten Daguerreotype und der mit Chlorsilber bereiteten photographischen Copien.

Folgendes ist der Procefs, den ich gegenwärtig befolge, und den ich zwar nicht für den besten halte, der mir aber sehr zarte Bilder geliefert hat.

Eine gut polirte Kupferplatte wird mit salpetersaurem Quecksilber abgerieben und dann gut gewaschen um alles gebildete salpetersaure Kupfer zu entfernen. Wenn sie ganz trocken ist, wird etwas Quecksilber auf weiches Leder oder Linnen genommen, sie wohl damit abgerieben und die Oberfläche zu einem vollkommenen Spiegel bearbeitet.

Das zu copirende Blatt wird sanft auf der angequickten Oberfläche ausgebreitet, und, nachdem ein oder zwei Stücke weiches reines Papier darüber gelegt worden, durch ein Stück Glas oder flaches Brett geprefst, in gleichmäfsige Berührung mit dem Metall gebracht, und eine oder zwei Stunden darin gelassen. Diese Zeit kann beträchtlich abgekürzt werden, wenn man die Platte von unten auf einige Minuten sehr gelinde erwärmt; keineswegs darf die Wärme so stark seyn, dafs das Quecksilber verdampft. Der nächste Procefs besteht darin, dafs man die Metallplatte in eine verschliefsbare Büchse bringt, die zur Erzeugung von Quecksilberdämpfen eingerichtet ist. Der Dampf ist langsam zu entwickeln. Nach wenigen Secunden beginnt das Bild zu erscheinen. Der

Quecksilberdampf greift diejenigen Theile an, welche den weifsen Theilen des bedruckten Blattes oder Kupferstichs entsprechen, und giebt ein sehr getreues, aber etwas undeutliches Bild. Die Platte wird nun aus der Quecksilberbüchse genommen und in eine andere gebracht, die Jod enthält, dessen Dampf sie nur eine kurze Zeit ausgesetzt bleibt. Bald wird sichtbar, dafs die Joddämpfe die vom Quecksilberdampf frei gelassenen Theile angreifen und schwärzen. Folglich ist das Resultat eine vollkommen schwarze Zeichnung, auf dem grauen, vom Quecksilber gebildeten Grunde. Da die Zeichnung durch die Dämpfe des Quecksilbers und des Jods gebildet ist, so befindet sie sich natürlich in demselben Zustande wie ein Daguerreotyp, und sie wird daher leicht durch Reiben zerstört. Aus der Tiefe, bis zu welcher ich das Abbild in dem Metall gemacht finde, hoffe ich zuversichtlich, diesen sonderbaren und schönen Erzeugnissen einen bedeutenden Grad von Vollkommenheit geben zu können, so dafs sie für Kupferstecher nutzbar werden.

Es ist eine sonderbare Thatsache, dafs die Quecksilber- und die Joddämpfe die Platte verschiedenartig angreifen, und ich glaube, es wird sich zeigen, dafs die Dämpfe eine bestimmte Relation zu dem chemischen oder thermoelektrischen Zustand der Körper haben, von dem sie aufgenommen werden. Moser hat diefs beobachtet, und schreibt es den Farben der Strahlen zu, welche, wie er annimmt, in dem Dampf bei seinem Uebergang aus der starren in eine feinere Form latent werden. Ich halte indefs diese Erklärung nicht für übereinstimmend mit den Resultaten der Versuche. Ich halte mich für überzeugt, dafs wir es mit einem thermischen Einflufs zu thun haben, und sich am Ende ergeben werde, dafs eine rein thermische Erregung eine Molecular-Aenderung bewirkt, oder dafs eine thermoelektrische Action eingeleitet wird (*is induced*), welche eine Aenderung in den Polaritäten der letzten Atome des starren Körpers hervorbringt.

Diefs sind Gegenstände, die nur durch eine Reihe wohl geführter Versuche entschieden werden können. Obwohl ich die Untersuchung noch nicht bei Seite legen will, so werden doch, hoffe ich, die wenigen sonderbaren und wichtigen Thatsachen, welche ich dargelegt habe, die Aufmerksamkeit Derer erregen, welche durch ihre Mufse und wohlbekannten experimentellen Talente im höchsten Grade befähigt sind zu der interessanten Untersuchung der Wirkung derjenigen geheimnifsvollen Agentien, welche einen so mächtigen Einflufs über die Gesetze der materiellen Schöpfung ausüben. Obwohl Dr. Draper, Professor der Chemie zu New-York, schon vor zwei Jahren auf die sonderbare Ablagerungsweise der Dämpfe auf Platten von Glas und Kupfer, Sir John Herschel auf die Wärmewirkungen des Sonnenspectrums, und ich selbst auf den Einflufs der künstlichen Wärme (17) aufmerksam gemacht haben, so mufs man doch sicher anerkennen, dafs Hr. Prof. Moser zu Königsberg der erste ist, welcher die Aufmerksamkeit der gelehrten Welt kräftig auf eine Erscheinung hingelenkt hat, die in ihrem Resultate eben so wichtig zu werden verspricht als es Volta's Entdeckung der elektrischen Säule geworden ist.

XXIII. *Ueber die Formel für die Elasticität des Wasserdampfs; von F. Strehlke.*

Director der Petrischule zu Danzig.

(Aus einem von Hrn. Verfasser übersandten Programm der Schule.)

Unter den Formeln, welche die Elasticität des Wasserdampfes darstellen, ist bekanntlich die Egen'sche diejenige, welche sich den besten Beobachtungen am genauesten anschliefst [1]). Sie bestimmt die Temperatur des Wasserdampfes als eine Function der in Atmosphä-

1) Repertorium der Physik, von Moser und Dove, Bd. I S. 46.

ren ausgedrückten Elasticitäten, wobei vier Constanten in Rechnung kommen. Die demnächst den vorhandenen Beobachtungen am genauesten entsprechende Formel ist von August, mitgetheilt in dessen Bearbeitung des Lehrbuchs der mechanischen Naturlehre von Fischer [1]). Bezeichet e die Elasticität des Wasserdampfes in Atmosphären, t die Temperatur desselben in Réaumur'schen Graden, so findet sich an der angezeigten Stelle

$$e = \left[\frac{8019(826{,}7+t)}{1000000000}\right]^{\frac{80-t}{80+\frac{3}{8}t}}$$

Beide Formeln, sowohl die Egen'sche als die von August gegebene, gestatten nicht die Auflösung der umgekehrten Aufgabe; die folgende, welche ich hier mittheile, beruht auf der früher von August angenommenen Form:

$$e = a m^{\frac{t}{1+\beta t}}$$

und gestattet eine doppelte Benutzung. Indem ich $a = 2''',242$ annehme und die von den französischen Academikern als die genauesten bezeichneten 11 Beobachtungen zum Grunde lege, so finde ich als wahrscheinlichste Werthe $\log m = 0{,}03868508$ und $\beta = 0{,}00529709$, wodurch e in Pariser Linien bei 0° gemessen gefunden wird. Die Temperatur t in Réaumur'schen Graden wird durch die Formel

$$t = \frac{1}{-\beta + \frac{\log m}{\log e - \log a}}$$

gefunden.

Da diese Formel, wie aus der Vergleichung der beobachteten und berechneten Werthe der Elasticität hervorgeht, nicht nur die oben bezeichneten Beobachtungen der französischen Academiker, sondern auch die Beobachtungen, welche gar nicht zur Bestimmung der Constanten beigetragen haben, zunächst der Egen'schen Formel am genauesten darstellt, so verlohnte es sich wohl

1) Th. I S. 596.

der Mühe, auch diese letzteren zur Berechnung der Constanten mitstimmen zu lassen, und noch für die dritte Constante *a*, welche zu 2''',242 angenommen ist, den wahrscheinlichsten Werth zu ermitteln.

No.	Beobachtete Temperatur R.	Beobachtete Elasticität in Par. Linien bei 0°.	Berechnete Elasticität.	Differenz.
1.	98°,96	722''',2	728''',3	— 6''',1
2.	106 ,64	967 ,1	970 ,5	— 3 ,4
3.	119 ,76	1540 ,9	1532 ,2	+ 8 ,7
4.	130 ,72	2189 ,1	2180 ,7	+ 8 ,4
5.	134 ,80	2484 ,8	2472 ,1	+12 ,7
6.	150 ,80	3918 ,7	3924 ,2	— 5 ,5
7.	165 ,44	5790 ,0	5775 ,0	+15 ,0
8.	165 ,92	5823 ,5	5845 ,5	—22 ,0
9.	168 ,40	6234 ,1	6220 ,9	+13 ,2
10.	174 ,72	7262 ,0	7259 ,5	+ 2 ,5
11.	179 ,32	8063 ,0	8095 ,7	—32 ,7
	179 ,10 [1])	8063 ,0	8055 ,8	+ 7 ,2
12.	79 ,11	325 ,2	321 ,6	+ 3 ,6
13.	74 ,66	265 ,7	263 ,2	+ 2 ,5
14.	70 ,22	213 ,9	214 ,1	— 0 ,2
15.	61 ,34	135 ,6	138 ,5	— 2 ,9
16.	48 ,00	64 ,8	67 ,8	— 3 ,0
17.	39 ,11	37 ,2	40 ,2	— 3 ,0
18.	30 ,22	21 ,0	22 ,8	— 1 ,8
19.	25 ,78	15 ,3	16 ,9	— 1 ,6
20.	23 ,55	13 ,2	14 ,5	— 1 ,3
21.	16 ,89	8 ,1	8 ,9	— 0 ,8
22.	12 ,45	5 ,9	6 ,4	— 0 ,5
23.	8 ,00	4 ,1	4 ,4	— 0 ,3
24.	3 ,55	3 ,0	3 ,1	— 0 ,1
25.	— 3 ,55	1 ,8	1 ,6	+ 0 ,2
26.	— 5 ,30	1 ,5	1 ,4	+ 0 ,1
27.	— 10 ,00	1 ,1	0 ,9	+ 0 ,2
28.	— 15 ,67	0 ,6	0 ,5	+ 0 ,1

Ich bemerke noch, dafs die ersten 11 Beobachtungen aus Poggendorff's Annalen, Bd. XVIII S. 471, die folgenden aus Dove's Repertorium, Th. I S. 46 genommen, und in Pariser Linien ausgedrückt sind.

1) Wenn man diese Temperatur des in Pogg. Ann. Bd. XVIII S. 462 erwähnten kleineren Thermometers zum Grunde legt, so ist in diesem Falle die Uebereinstimmung mit der Beobachtung sehr befriedigend.

XXIV. *Ueber die Temperatur und den mittleren Barometerstand zu Kaafjord bei Alten in Finnmarken; von M. Ihle, mitgetheilt durch F. Reich.*

Kaafjord liegt unter 69° 58′ 15″ N.B. und 23° 43′ 10″ O.L. von Greenwich. Hr. Ihle hielt sich daselbst, als Hüttenmann von der die dasigen Kupferbergwerke betreibenden englischen Compagnie hinberufen, vom Januar 1839 bis Ende Juli 1841 auf. Er sammelte einen grofsen Schatz von meteorologischen Beobachtungen, und überliefs mir denselben bei seiner Rückkehr zur Benutzung. Ich theile davon im Folgenden vorzugsweise die monatlichen Mittel der Barometer- und Thermometer-Beobachtungen mit. Beide wurden mit Instrumenten angestellt, welche die französische Nordexpedition unter Hrn. Gaymard dorthin gebracht hatte, und die mit den Instrumenten des Pariser Observatoriums verglichen worden waren. Barometer waren drei, mit No. 20, 36 und 40 bezeichnet, vorhanden. Davon diente No. 36 als Normalinstrument; es hatte um 0mm,02 niedriger gestanden, als das der Pariser Sternwarte. Von Hrn. Ihle wurde es mit nach Christiania genommen und dort mit einem Pistor'schen Barometer verglichen, wobei es 0mm,65 niedriger gefunden wurde; da jedoch auf der Reise nach Christiania das Eindringen von etwas Luft nicht hatte vermieden werden können, so kann diese letztere Vergleichung keine weitere Anwendung finden. Dafs auf der Reise von Paris nach Alten die Barometer ohne Beschädigung blieben, dafür spricht die Uebereinstimmung unter einander; denn in Paris stand

No. 20 0mm,94 tiefer,
und No. 40 0 ,20 - als No. 36;

und in Kaafjord im Juli 1840

No. 20 $0^{mm},95$ tiefer,

und No. 40 $0\ ,27$ - als No. 36.

Da nun No. 36 selbst um $0^{mm},02$ zu tief stand, so sind im Folgenden die Angaben von No. 20 um $0^{mm},97$, die von No. 40 um $0^{mm},29$ vergröſsert worden. Vom October 1839 bis Juni 1840 ist mit No. 40, vom Juli 1840 bis September 1841 mit No. 20 beobachtet worden.

Das Barometer hing mit seinem Gefäſse 75,5 engl. Fuſs über dem niedrigen Wasserstande.

Die Thermometer befanden sich 3 Fuſs über der Erde an einem Holzstative frei aufgehängt, und waren durch eine in 3 bis 4 Fuſs Entfernung angebrachte Plankenwand vor auffallenden Sonnenstrahlen geschützt.

Während des ersten Theiles der Beobachtungszeit hat Hr. Thomas an den Beobachtungen Theil genommen. Derselbe hat auch bereits in den vorhergegangenen Jahren Beobachtungen angestellt, und diese sowohl, als auch den Anfang der hier mitgetheilten durch Hrn. Sabine der Royal Society vorlegen lassen, ohne daſs jedoch, so weit mir bekannt ist, etwas davon veröffentlicht wurde, auſser was über die früheren Jahre sich in dem *Philosophical Magazine and Annals of Philosophy, Vol. XVII p.* 295, findet.

Die beiden Monate August und September 1841 sind nach Hrn. Ihle's Abreise ebenfalls durch Hrn. Thomas beobachtet worden. Die Reduction der Barometerstände ist mit den Tafeln in Schumacher's Jahrbuche ausgeführt.

Auſser den hier mitgetheilten monatlichen Mitteln der Barometer- und Thermometerstände, so wie der Summe der wäſsrigen Niederschläge enthält das Tagebuch noch die Beobachtung der Windesrichtung nach dem Wolkenzuge, weil der Wind im Thale selbst nur entweder als Nordostwind abwärts geht, bei herrschenden nördlichen und östlichen Winden, oder als Südwest-

wind aufsteigt, wenn südliche und westliche Winde in der Atmosphäre herrschen; — die Beobachtung der Declinationsnadel zu denselben Stunden wie Barometer und Thermometer, sehr viele Beobachtungen über Nordlichter in Verbindung mit der Declinationsnadel und dem Verhalten des Windes. Die Declinationsnadel war eine Gambey'sche, und stand in einem eigends dazu erbauten hölzernen Pavillon, der auch das Barometer enthielt. Aufserdem finden sich mehrere Tage, an welchen alle drei, ja auch alle halbe Stunden Tag und Nacht beobachtet wurden.

Die Angaben des Minimumthermometers sind weniger genau, weil dasselbe bei 0° C. zwar richtig, bei —25° C. des Quecksilberthermometers aber 2 Centesimalgrade zu hoch, als —23° C. stand. Dieser Fehler ist im Folgenden nicht corrigirt, und es sind daher die gröfsten Kälten etwas zu gering angegeben.

	Barometerstand, auf 0° C. reducirt.				
	9 M.	3 Ab.	9 Ab.	Maximum.	Minimum.
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1839.					
Oct.	758,374	758,375	758,309	774,97	732,72
Nov.	53,710	53,588	53,738	68,38	35,17
Dec.	55,944	56,425	56,576	73,72	37,36
1840.					
Jan.	40,193	41,479	41,684	74,06	21,01
Febr.	58,780	58,594	58,494	71,69	45,06
März	51,712	51,584	51,540	67,47	27,99
April	50,395	50,894	51,107	64,80	27,66
Mai	54,588	54,608	54,581	68,20	33,37
Juni	54,073	53,754	54,054	68,33	42,31
Juli	50,553	50,369	50,403	60,62	40,20
Aug.	56,100	56,002	56,235	72,20	44,39
Sept.	55,910	55,757	55,790	64,35	41,08
Oct.	60,621	60,683	60,881	73,13	49,29
Nov.	54,761	54,685	54,579	67,80	32,48
Dec.	53,101	53,181	53,026	76,13	34,40
1841.					
Jan.	57,099	57,161	57,558	74,96	31,63
Febr.	54,778	54,717	55,132	74,32	36,10
März	50,953	51,122	50,897	61,96	37,37
April	56,576	56,233	56,534	67,43	42,61
Mai	52,622	52,848	52,522	66,07	38,99
Juni	55,848	55,579	55,818	68,93	46,54
Juli	49,940	49,701	49,671	56,95	37,34
Aug.	51,220	51,187	51,370	59,67	40,21
Sept.	56,767	56,320	56,694	72,27	40,49
	753,942	753,952	754,050	774,97	721,01
	Mittel.			höchstes Maximum.	tiefstes Minimum

Der mittlere Barometerstand bei 75,5 engl. Fufs Meereshöhe ergiebt sich hiernach zu 753^{mm},98 = 334,24 Par. Lin, und im Niveau des Meeres zu 756^{mm},16 = 335,20 Par. Lin.

Tägliche regelmäfsige Schwankungen scheint nach diesem allgemeinen Mittel das Barometer nicht zu machen, denn 0^{mm},1, um wie viel es um 9 Uhr Abends höher als Vor- und Nachmittags gefunden wurde, dürfte zu wenig seyn, um sich verbürgen zu lassen. Wenn

	Thermómeter. Centesimal.							Regen.
	9 M.	3 Ab.	9 Ab.	Max.	Min.	Max.	Min.	Menge
				Mittel.		höchstes.	tiefstes.	mm.
1839.								
Oct.	+ 3,76	+ 5,57	+ 4,22	+10,88	+ 0,13	+19,6	− 8,2	26,6
Nov.	− 4,57	− 4,41	− 4,41	− 1,63	− 7,75	+ 6,6	−15,1	71,0
Dec.	− 5,28	− 5,11	− 4,45	− 1,51	− 8,42	+ 9,0	−15,0	35,7
1840.								
Jan.	− 8,08	− 8,49	− 9,45	− 4,65	−12,27	+ 5,2	−24,5	48,9
Febr.	− 4,97	− 4,37	− 4,74	− 1,10	− 7,77	+ 7,3	−18,0	44,4
März	− 3,44	− 2,32	− 4,63	+ 2,06	− 7,62	+ 9,0	−23,3	28,4
April	+ 1,52	+ 2,16	+ 0,23	+ 5,26	− 3,35	+10,0	−18,3	26,2
Mai	+ 3,80	+ 4,86	+ 2,04	+ 7,32	− 0,30	+12,9	− 7,0	54,4
Juni	+10,17	+12,11	+ 9,17	+14,65	+ 5,53	+22,0	+ 1,2	56,0
Juli	+12,90	+14,79	+12,08	+17,54	+ 8,58	+22,7	+ 3,5	80,8
Aug.	+13,50	+15,03	+11,72	+17,68	+ 8,11	+24,3	+ 1,2	29,8
Sept.	+ 7,05	+ 9,32	+ 6,08	+11,40	+ 3,58	+20,5	− 4,0	12,3
Oct.	− 2,08	− 0,52	− 1,55	+ 1,65	− 4,00	+ 9,7	− 9,7	16,0
Nov.	− 6,44	− 6,20	− 6,12	− 3,22	− 9,18	+ 4,4	−20,2	13,0
Dec.	− 3,80	− 4,46	− 4,20	− 0,19	− 8,00	+ 6,5	−20,2	42,7
1841.								
Jan.	−13,65	−12,99	−13,97	−10,31	−16,58	− 3,0	−27,0	2,5
Febr.	− 6,67	− 6,24	− 6,75	− 2,97	−10,16	+ 6,0	−24,0	24,5
März	− 4,42	− 3,26	− 4,97	− 0,42	− 7,96	+ 5,8	−18,0	17,5
Apr.	+ 2,39	+ 3,03	− 0,29	+ 5,77	− 2,89	+11,1	−12,3	8,5
Mai	+ 5,67	+ 6,23	+ 5,83	+ 9,14	+ 1,44	+17,7	− 7,2	19,3
Juni	+10,27	+11,38	+ 8,83	+13,61	+ 6,01	+20,0	+ 2,0	71,9
Juli	+12,65	+13,84	+11,21	+16,88	+ 8,20	+25,2	+ 3,9	100,4
Aug.	+13,49	+14,41	+11,30	+17,36	+ 8,74	+25,3	0,0	93,6
Sept.	+ 5,64	+ 7,22	+ 4,84	+10,04	+ 1,80	+21,0	− 6,2	83,8
	+ 1,64	+ 2,57	+ 0,92	+ 5,64	− 2,26	+25,3	−27,0	1008,2
	Mittel.							Summe

man dagegen die Mittel der einzelnen Jahreszeiten nimmt, dann erhält man:

	für 9 U. M.	3 U. Ab.	9 U. Ab.
Octob., Novemb., Decemb.	756,085	756,156	756,185
Januar, Februar, März	752,252	752,443	752,551
April, Mai, Juni	754,017	753,986	754,101
Juli, August, September	753,415	753,223	753,361

wonach es wahrscheinlich ist, dafs in den kurzen Tagen die stündlichen Oscillationen verschwinden, vielleicht so-

gar sich umkehren, — dagegen in den langen Tagen, in welchen die Sonne wirksam ist, noch vorhanden sind.

Stellt man die Mittel der gefundenen Temperaturen für die einzelnen Monate zusammen, und berechnet man für jeden die mittlere Temperatur mit Zugrundelegung der Beobachtungen von Plymouth (diese Annal. Ergänzungsband I S. 191), so dafs man eine Correction anbringt, welche sich zu der in Plymouth für dieselben Stunden erforderlichen verhält, wie die Summe der Differenzen in Kaafjord zu derselben Summe in Plymouth, so ergiebt sich:

	9 U. M.	3 U. Ab.	9 U. Ab.	Mittel.
Januar	—10,86	—10,74	—11,71	—11,06
Februar	— 5,82	— 5,30	— 5,74	— 5,71
März	— 3,93	— 2,79	— 4,80	— 4,28
April	+ 1,95	+ 2,59	— 0,03	+ 0,91
Mai	+ 4,73	+ 5,54	+ 3,93	+ 4,26
Juni	+10,22	+11,74	+ 9,00	+ 9,47
Juli	+12,77	+14,31	+11,64	+12,17
August	+13,49	+14,72	+11,51	+12,45
September	+ 6,34	+ 8,27	+ 5,46	+ 5,95
October	+ 0,84	+ 2,52	+ 1,33	+ 1,16
November	— 5,50	— 5,30	— 5,21	— 5,37
December	— 4,54	— 4,78	— 4,32	— 4,53
Jahr	+ 1,64	+ 2,57	+ 0,92	+ 1,29
				oder + 1,32

Das erste Hauptmittel ist aus den monatlichen Mitteln, das zweite aus den jährlichen Mitteln der drei Beobachtungsstunden erhalten.

Die mittlere Temperatur wäre sonach + 1°,3 C.

Die wäfsrigen Niederschläge betrugen vom

1. September 1839 bis letzten August 1840	514mm,5
- - - 1840 - - - 1841	493 ,7
im Jahre 1840	452 ,9

Ueber *Gewitter* finden sich folgende Beobachtungen:

1840. Juni 29. 2 U. 45' Ab. Gewitter; 3 U. Ab. ferner Donner.

1840. Juli 13. 9 U. Ab. Regenschauer mit Blitz und Donner.

- Juli 29. 7 U. 30' Ab. starkes Gewitter von Ost.

1841. Juni 30. 5 U. Ab. Blitz und Donner mit starkem Gewitterregen, schnell vorübergehend.

- Juli 24. 2 U. 45' Ab. starkes Gewitter, Blitz und Donner schnell folgend, Regenschauer; das Gewitter zieht in der Richtung von SW. nach SO.

Die vielen und interessanten Nordlichtsbeobachtungen, bei denen das Verhalten der Declinationsnadel und des Windes immer sehr sorgfältig notirt sind, verdienten eine besondere Bearbeitung. Hier hebe ich nur diejenigen Worte aus dem Tagebuche aus, welche sich auf das *Geräusch* des Nordlichtes beziehen, und füge noch allgemeine Bemerkungen über die Erscheinungen beim Nordlichte hinzu, wie sie Hr. Ihle selbst zu diesem Zwecke aufzusetzen die Güte hatte.

Ueber das *Nordlichtsgeräusch* finden sich folgende Beobachtungen [1]):

1840. Januar 28. Abends. Es war *deutlich* ein der Bewegung der Lichtstrahlen conformes *Geräusch*, ähnlich dem eines seidenen Stoffes, zu hören. Die dabei herrschende völlige Ruhe in der Luft, was eine seltene Ausnahme ist, liefs darüber keinen Zweifel zu.

1840. März 22. Abends. Still und klar; Nordlicht in dünnen, feinen Lichtstreifen quer über den Himmel von W. nach O. In W. und SW. zogen sich vom Horizont in die Höhe sehr helle, eigenthümlich gelbgrüne Lichtwolken, fortwährend in Form und Intensität des Lichtes wechselnd. In den Momenten der gröfsten Lichtentwicklung, namentlich wenn sich die Lichtwolke gleichzeitig in der Nähe des Zeniths befand, *ganz bestimmt ein Geräusch zu hören*, ähnlich dem Rascheln mit Stroh oder seidenem Stoffe.

1) Uebereinstimmend mit denen in d. Ann. Bd. LVI S. 511. *P.*

1840. November 21. Abends 5 Uhr. Windstill. Der Himmel hat sich mehr aufgeklärt, und mit der ausgezeichnetsten Pracht schiefsen vom West- und Osthorizont gleichzeitig Lichtstrahlen auf; im Zenith drehen sie sich wirbelnd im Kreise und bilden Strahlenkronen. *Ein sanftes Rauschen ist dabei hörbar.*

Ueber die Erscheinung des Nordlichtes giebt Hr. Ihle selbst folgende allgemeine Bemerkungen:

Das Nordlicht erscheint in der Regel über dem West- und Nordwest-, und über dem Ost- und Nordosthorizonte, nur in seltenen Ausnahmen rein in Nord, und noch seltener über dem Südhorizonte. Die Form des Nordlichtes ist:

theils die von Streifen, und zwar entweder bei gleichförmiger Lichtvertheilung oder bandförmig mit paralleler Streifung;

theils die von Strahlenbüscheln in gewissen Linien neben einander gereiht oder in unbestimmte Gruppen vertheilt.

Die Begränzung der Lichtstreifen ist theils scharf, theils verschwimmend.

Seltner als in Streifen- und Büschelform tritt das Nordlicht in unbestimmt begränzten Lichtwolken auf. Die vom Prof. Hansteen zuerst erwähnten *schwarzen* Nordlichtstrahlen, d. h. scharf begränzten Streifen, umgeben von Lichtmassen, die jedoch ganz frei davon sind, sind eine nicht seltene, aber höchst auffallende Erscheinung.

Gewöhnlich stehen Temperaturveränderungen der Atmosphäre mit dem Erscheinen der starken Nordlichter im Zusammenhange, und zwar tritt mit und nach den Nordlichtern vom Osthorizonte trockne Kälte ein; während den westlichen Nordlichtern Sturm und Schneewetter bei verminderter Kälte folgt. Oft erscheinen Nordlichter vom Ost- und Westhorizonte herauf gleichzeitig und ohne dafs das Eine oder das Andere die Oberhand gewinnt, worauf unbeständige Witterung eintritt.

Die Abweichung der Magnetnadel folgt im Allgemeinen dem Erscheinen des Nordlichts, so dafs bei östlichen Nordlichtern der Nordpol der Nadel östlich, bei westlichen westlich abgelenkt wird.

Eine verschiedene *Höhe* der Nordlichter ist, ohne dafs Messungen möglich waren, bestimmt beobachtet worden. Im Journal sind Tage verzeichnet, an denen Nordlichtstrahlen *unterhalb der Wolken* sichtbar waren, ja sogar *tiefer als das steil ansteigende Thalgehänge* beobachtet wurden.

Je tiefer die Nordlichter stattfanden, und je mehr in der Nähe des Zeniths, um so stärker war der Einflufs auf die Magnetnadel in Bezug auf Declination und Intensität.

Auch zwischen dem Auftreten von Stürmen und dem Erscheinen von Nordlichtern hat sich ein bestimmter Zusammenhang ergeben. Bei heftigem und stofsweise auftretendem Surmwinde sind die Nordlichter fast stets in flackernder, heftiger Bewegung; doch ist in den Momenten der stärksten Lichtentwicklung der Sturm gewöhnlich sehr vermindert, tritt dagegen bei dem Erbleichen des Nordlichtes mit aller Stärke wieder ein.

XXV. *Ueber die Knallsteine von Dourgnes; von Hrn. A. de Quatrefages.*

(*Annal. des Mines*, *Ser. IV T. I p.* 603, im Auszuge.)

Dourgnes, wo diese Steine sich finden, ist ein Dörfchen an der gemeinsamen Gränze der Departemente *Tarn* und *Haute-Garonne*, auf der Strafse von *Revel* nach *Castres*, am Fufse der *Montagne Noire*, in einem von dieser Kette und den Höhen von *Lauragais* eingeschlossenen Thale. Obwohl diese Steine und die Erscheinung,

welche sie darbieten, schon seit undenklicher Zeit im Lande bekannt sind, so scheinen sie doch noch nicht beschrieben worden zu seyn. Diefs erklärt sich aus der Beschränktheit der Fundstätte; sie finden sich nämlich nur auf einem Felde von etwa zwei bis drei Morgen (*arpents*) Gröfse, oberhalb des Dorfes; dort werden sie von den Einwohnern von Dourgnes zum Behufe grofser Festlichkeiten aufgelesen. In das auf dem öffentlichen Platz angezündete Freudenfeuer geworfen, verknallen sie, und ersetzen somit die Böller und Kanonen, mit welchen die Grofsstädter ihre Feste ankündigen.

Das Feld, wo man sie findet, ist, wie gesagt, nur von geringer Ausdehnung. Es ist umgeben von Felsen aus Dendriten-Kalk, dessen Geäder aus Eisenoxyd und Manganoxyd besteht; die Knallsteine (*pierres fulminantes*) liegen gewöhnlich lose. Einige sind eingeknetet in eine geringe Gangmasse, die von gleicher Beschaffenheit, wie die Steine zu seyn scheinen. Gewöhnlich sind sie unregelmäfsig rund, zuweilen schwach warzenförmig, abgeplattet oder länglich. Ihre Gröfse geht von der einer Faust bis zu der von Rehposten (*Chevrotine*). Aeufserlich sind sie weifslich oder röthlich, inwendig aber immer ziegelfarben. Beim Zerbrechen zeigen sie concentrische Schichten, die einen Kern einschliefsen; dieser Kern ist ganz verschieden von den Schichten. Meistens ist er ganz unregelmäfsig und immer ziemlich klein, bestehend aus kohlensaurem Kalk von den benachbarten Felsen herstammend. Einer dieser Kerne zeigte sich jedoch aus Gyps bestehend, der ebenfalls in geringer Entfernung ansteht, und ein anderer bestand aus einer Masse analog dem Reste des Steins.

Die äufsere Rinde der Steine ist mit dem Nagel ritzbar. Das Innere ist etwas härter, doch niemals so, dafs es nicht von den benachbarten Kalksteinen geritzt würde. Das Innere wie das Aeufsere haften an der Zunge, und zugleich entwickelt sich, wie beim bloßen Anhau-

chen, ein erdiger Geruch. Auf allen Punkten bringt ein Tropfen Salpetersäure ein lebhaftes Aufbrausen hervor.

So weiche und zerbrechliche Steine nehmen natürlich keine zur Erkennung ihrer Structur hinlängliche Politur an; man hilft dem aber ab, wenn man sie mit einer Firnifsschicht überzieht und dann sanft mit Bimstein abschleift. Man erkennt alsdann, dafs die erwähnten Schichten nur in der Nähe des Kerns eine gewisse Regelmäfsigkeit besitzen, darüber hinaus aber unregelmäfsig werden und häufig über einander greifen. Untersucht man die so zubereiteten Stücke mit einer Lupe oder besser mit einem Mikroskop bei 30- bis 35 maliger Längen-Vergröfserung, so bemerkt man, dafs sie selbst wiederum aus wellenartigen Schichten bestehen, die gegen die Axe der Hauptschicht gemeiniglich geneigt sind. Man erkennt auch, dafs die Färbung lange nicht gleichförmig ist, sondern dafs die Schichten in dieser Beziehung vom schönen Rothbraun bis zum schmutzigen Weifs variiren. In den Zwischenräumen der Schichten findet sich der färbende Stoff gewöhnlich am reichlichsten und daselbst oft abgelagert in einzelnen Plättchen und Pünktchen.

Wie gesagt, haben diese Steine die Eigenschaft, zu verknallen, wenn man sie in's Feuer wirft. Diese Explosion erfolgt oft, ehe ein solcher Stein zum dunklen Rothglühen kommt; allein sie ist desto stärker, je länger sie auf sich warten läfst. Die gröfseren Steine verknallen oft mehre Male, und jedesmal sondert sich eine gewisse Menge ihrer Masse ab. Ziemlich häufig geschieht es auch, dafs die kleinen nicht verknallen, wie hoch die Temperatur auch seyn mag. Die von 25 bis 30 Millimeter im Durchmesser geben im Allgemeinen die stärkste Explosion und zerplatzen dabei in eine grofse Menge von Stücken. Untersucht man diese, besonders bei Steinen von so beträchtlichem Volume, dafs sie mehrmals verknallen, so findet man, dafs die Expansivkraft sich

zwischen den Schichten entwickelt. Oft geschieht es, daſs der Kern und die denselben unmittelbar umgebenden Schichten auf die regelmäſsigste Weise gleichsam herausgeschält werden.

Man könnte dieſs Verknallen von zwei wohl bekannten Ursachen ableiten: Man könnte glauben, es sey eine Verknisterung, wie sie gewisse Krystalle in Folge des zwischen ihre Blättchen eingeschlossenen Wassers zeigen, oder eine Verknisterung durch Schwinden, wie sie sich bei einigen thonigen Erden und schlecht gebranntem Steingut zeigt. Allein, wie gut man auch diese Steine trocknen mag, so verknallen sie doch immer auf dieselbe Weise. Zwar wird das Wasser von den thonigen Erden stark zurückgehalten, und man könnte glauben, es werde bloſs in der Temperatur, bei welcher die Steine verknallen, in Dampf verwandelt und somit die Explosion erzeugt; allein eine Analyse zeigte, daſs diese Steine eine viel zu geringe Menge Thonerde enthalten, als daſs diese Hypothese haltbar seyn könnte. Aus demselben Grunde kann die Erscheinung auch nicht dem Schwinden zugeschrieben werden, von welchem der Verf. anfänglich glaubte, es spiele dabei eine groſse Rolle. Ueberdieſs zeigte ihm ein einfacher Versuch, daſs es nichts damit zu thun habe. Er zerbrach nämlich einige Steine, so, daſs er groſse und wenig dicke Stücke erhielt, und erhitzte sie bis zum Weiſsglühen. Nach mehren fruchtlosen Versuchen fand er zwei, die dem Feuer ohne Zerplatzen widerstanden, und diese paſsten, nach dem Erkalten, eben so vollkommen auf einander wie zuvor.

Dagegen zeigte sich, daſs sie in hoher Temperatur eine merkwürdige Veränderung erleiden, nämlich ihre rothe Farbe einbüſsen, und eine weiſse, gewöhnlich grauliche annehmen, die an den Punkten, wo der färbende Stoff mehr angehäuft war, schwärzlich ist. Dieſs erregte die Vermuthung, der färbende Stoff möge wohl organi-

scher Natur seyn, und die Explosion von dessen Zersetzung herrühren.

Eine mikroskopische Untersuchung geglühter Stücke und kleiner Steine, die beim Glühen nicht zerplatzt waren, bestätigte diese Ansicht vollkommen. Denn bei beiden waren die Schichten getrennt durch kleine Spalten, von denen andere Risse ausliefen und bis zur Oberfläche reichten, also den gasigen Producten der feurigen Zersetzung zum Ausgang gedient hatten.

Auch bestätigte diefs eine chemische Analyse. Als nämlich Stücke, die von ihrem Kern getrennt waren, in Salpetersäure aufgelöst wurden, was unter starkem Aufbrausen geschah, schwammen in der Lösung, die viel Kalk, ein wenig Thonerde, und Spuren von Eisen und Mangan enthielt, Flocken, welche, abfiltrirt, bei Behandlung mit concentrirter Salpetersäure sich unter Entwicklung von salpetriger Säure theilweis lösten, sich auch schwärzten, wenn sie für sich geglüht wurden.

Die Knallsteine von Dourgnes bestehen, wie es die weiter fortgesetzte Untersuchung ergab, aus kohlensaurem Kalk, Thonerde, Eisen und Manganoxydul (verbunden, allem Anscheine nach, mit Kohlensäure) nebst etwas Sand, und einer geringen Menge färbenden Stoffs, der eine organische Substanz, verbunden mit dem genannten unorganischen enthält. Diese Substanz, welche nichts als Ulminsäure zu seyn scheint, veranlafst, indem sie sich in nicht sehr hoher Hitze zersetzt, die Explosion in Folge einer Decrepitation. Bei weiterer Erhitzung verschwindet sie gänzlich, indem sie Spuren von Kohle hinterläfst, und einige der Oxyde, mit denen sie verbunden war, wieder in Carbonate verwandelt. Diese Carbonate, und besonders das des Kalks, werden bei längerer Erhitzung ebenfalls zersetzt, und bewirken, dafs die gebrannten Steine, in Wasser gelegt, dasselbe unter Zischen, Erwärmen und Aufschwellen einsaugen und an der Luft, wie gebrannter Kalk, zerfallen.

Die physische Structur der Steine von Dourgnes, im Verein mit ihrer chemischen Zusammensetzung, erklärt ihre Bildungsweise und ihr beschränktes Vorkommen ziemlich leicht. Der innere Kern ist immer von den benachbarten Felsen entlehnt; und die darum abgelagerten Schichten bestehen offenbar aus dem Abreibsel dieser Felsen nebst einer kleinen Menge Thon, der in der Nachbarschaft sehr gemein ist. Man braucht, um alle oben angegebenen Thatsachen zu begreifen, nur anzunehmen, ein Wasserstrom habe einen Felsen getroffen, in solcher Lage, dafs ein Wirbel entstand an einem Ort, wo er nur Schlamm und kleines Geröll vorfand, die er mit wegführte. Der Schlamm, das Geröll bekleidend, wird es mit einer Schicht überziehen, die, in der Mittagssonne bald trocknend, für einen abermaligen Wassergufs einen neuen Kern darbietet, welcher dieselbe Rolle spielt wie der frühere. Wiederholte Ueberschwemmungen müssen auf solche Weise die concentrischen Schichten vermehren, bis das Gebilde ein solches Volum erhalten hat, dafs es nicht mehr herumgerollt wird, und folglich sich mit unregelmäfsig geformten Massen bekleidet. Man begreift auch, dafs solche Gebilde nur äufserst local seyn können.

XXVI. *Tönender Sand.*

In seinem, kürzlich veröffentlichten, interessanten Werk über *Cabuhl* giebt der verstorbene Sir Alexander Burnes folgende Nachricht über dieses sonderbare Phänomen. Als wir uns in der Nähe von *Reg-Ruwan* oder dem tönenden Sand befanden, machten wir einen Ausflug dahin. Es ist ein Phänomen ähnlich dem von *Jubul-Nakuhs* oder dem tönenden Berg bei Tor am rothen Meere. Kaiser Baber beschreibt es so: Zwischen den

Ebenen ist ein kleiner Hügel, an welchem eine Linie von Sandgrund, die vom Gipfel bis zum Boden reicht. Er heifst *Khwaju Reg-Ruwan.* Man sagt, der Sand gebe zur Sommerzeit den Ton von Trommeln (*drums and nugarets*) von sich. Baber's Beschreibung, wie wunderbar sie auch klingen mag, ist ziemlich richtig. *Reg-Ruwan* liegt etwa vierzig engl. Meilen nördlich von *Cabuhl*, gegen den *Kindu-Kusch*, nahe am Fufse dieses Gebirges. Zwei, von dem Uebrigen getrennte Hügelreihen laufen gegen und an einander. An dem Vereinigungspunkt, wo der Abhang der Hügel einen Winkel von etwa 45 Grad macht und eine Höhe von nahe 400 Fufs besitzt, ist derselbe von unten bis oben auf einer Breite von ungefähr 100 Ellen mit Sand, so rein als der an einer Meeresküste, bedeckt. Wenn dieser Sand durch eine darauf herabrutschende Person in Bewegung gesetzt wird, entsteht ein Ton. Beim ersten Versuch hörten wir deutlich zwei laute dumpfe Töne, wie die von einer grofsen Trommel. Bei zwei darauf folgenden Versuchen hörten wir nichts, so dafs der Sand vielleicht einige Zeit sich setzen und ruhen mufs, ehe eine Wirkung hervorgebracht werden kann. Die Anwohner haben den Glauben, der Ton lasse sich blofs am Freitag hören, und auch dann nur auf specielle Erlaubnifs des Heiligen von Reg-Ruwan, der nahe beim Ort begraben liegt. Das Vorkommen des Sandes ist merkwürdig, da sich kein anderer in der Nachbarschaft befindet. Reg-Ruwan liegt am Südabhange; allein der Purwan-Wind (*bád i Purwan*), welcher den gröfsten Theil des Jahres über heftig aus Norden weht, lagert ihn wahrscheinlich durch einen Wirbel ab. Der Wind hat eine solche Heftigkeit, dafs alle Bäume in der Nachbarschaft nach Süden gebogen sind, und die Felder alle zwei Jahre von Grand und Steinen gereinigt werden müssen, die durch Wegführung des Erdreichs blofs gelegt werden. Die Berge umher bestehen meistens aus Granit; allein zu

Reg-Ruwan fanden wir Sandstein, Kalk, Schiefer und Quarz. Nahe dem Sandstreifen ist ein starkes Echo, und dieselbe Gestaltung der Oberfläche, welches dieses veranlafst, steht ohne Zweifel mit dem Ton des bewegten Sandes in Zusammenhang. In einem der letzten Hefte des *Journal of the Asiatic Society of Calcutta* findet sich ein Auszug aus einem Briefe vom Lieutn. Wellsted, in welchem er den auch von Gráy und Seetzen[1]) erwähnten tönenden Berg am rothen Meere beschreibt. Es scheint eine Verschiedenheit in der Art des an beiden Orten erzeugten Tons vorhanden zu seyn, doch glaube ich werden beide durch die von Hrn. James Princep hinsichtlich Jubl Nakuhs aufgestellte Theorie erklärt. Derselbe läfst den Ton entstehen »durch eine Vervielfältigung des Impulses, welcher Luft in dem Brennpunkt eines Echo in Bewegung setzt.« Jedenfalls haben wir in Reg-Ruwan ein neues Beispiel von dem für Akustiker interessanten Phänomen. Reg-Ruwan ist aus großer Ferne sichtbar, und die Lage des Sandes ist so eigenthümlich, dafs man fast glauben sollte, der Hügel wäre durchgeschnitten und der Sand aus der Oeffnung wie aus einem Sandsack herunter gerutscht. Wahrscheinlich ist jedoch der Sand durch den Wind zusammengetrieben. (*Edinb. philosoph. Journ. Vol. XXXIII p.* 204.)

XXVII. *Sind die Jupitersmonde mit bloſsem Auge sichtbar.*

Im letzten Hefte der Annalen, S. 114, wurde diese Frage auf den Grund physikalischer Betrachtungen bejahend beantwortet. Folgende geschichtliche Nachricht möchte wohl

1) So wie von Ehrenberg. S. diese Annal. Bd. XV S. 312.

wohl in gleichem Sinne zu deuten seyn. Sie wird von Hrn. Libri in seiner *Histoire des sciences physiques mathématiques en Italie etc., T. II p.* 229, mitgetheilt, und lautet so:

In der grofsen japanischen Encyclopädie *Wa-kan-san-saï-tsou-ye* (Buch I) sieht man die Gestalt des Jupiters, begleitet von zwei kleinen Körpern, auf die in Fig. 16 Taf. II angegebene Weise abgebildet. Beweist diese ungemein sonderbare Thatsache (deren ich glaube noch nirgends erwähnt worden ist), dafs die Chinesen ehemals Fernröhre besafsen oder hatten sie diese Kenntnifs von den Europäern? Allein, wie würde man, in der einen oder andern Hypothese, nur zwei Jupitersmonde in China kennen gelernt haben? Vielleicht sind die Jupitermonde in den tropischen Regionen zuweilen mit blofsem Auge sichtbar. Uebrigens ersieht man aus dem chinesischen Text, welcher die Figur begleitet, und hier in wörtlicher Uebersetzung von uns wieder gegeben wird, dafs nichts auf den europäischen Ursprung der beiden in der japanischen Encyclopädie abgebildeten Jupitersmonde hindeutet. Der astronomische Theil dieser Encyclopädie (wo man sieht: das Kaninchen, welches Reis im Monde zerstampft, die neun Wege, welche dieses Gestirn befolgt, die neun Himmel, in deren Mitte die Erde liegt) giebt keine Anzeige von europäischem Einflufs. Die Ausgabe der japanischen Encyclopädie, welche wir citiren, ist jünger als das Jahr 1713 der christ-Aera. In einer Ausgabe derselben Encyclopädie, welche 1609 in China veröffentlicht zu seyn scheint, haben wir nichts über die Satelliten des Jupiters gefunden. (Man sehe *San thsai thou hoëi, libr. I.*). Der ganze astronomische Theil scheint in der japanischen Ausgabe vollständig umgearbeitet zu seyn. Die Originalstelle, welche sich in der japanischen Encyclopädie über die Jupitersmonde findet, ist folgende [die in Fig. 17 Taf. II abge-

bildete, deren Zeichen, der Reihe nach, buchstäblich heifsen:

1) ***und*** **2)** ***wie*** **3)** ***abhängig*** **4)** ***nur*** **5)** ***neben*** **6)** ***seyn*** **7)** ***zwei*** **8)** ***klein*** **9)** ***Sterne*****],**

d. h. es giebt neben (dem Jupiter) zwei kleine Sterne, welche wie abhängig von diesem Planeten sind (*Il y a près (de Jupiter) deux petits astres qui sont comme dépendans de la planète.* — [1])

XXVIII. *Wasserstände der Rhone und Saone seit* 1826 *und* 1827.

Die *Annales des sciences physiques et naturelles, d'agriculture et d'Industrie, publieés par la Société royale d'Agriculture etc. de Lyon* enthalten in ihrem 4. Bande eine von dem Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées des Rhone-Departement, Hrn. Mondot de la Gorce, zusammengetragene tabellarische Uebersicht der an den Pegeln respective des pont Lafayette und des pont de Serin abgelesenen Wasserstände der Rhone und Saone, aus welcher folgende Zahlen von allgemeinem Interesse seyn dürften. Die Höhen sind in Metern angegeben und zählen vom tiefsten Wasserstande (*étiage*).

1) Es ist in dieser Hinsicht bemerkenswerth, dafs *Abulfeda*, wo er von dem alexandrinischen Spiegel spricht, (nach einer sehr verbreiteten muselmännischen Sage soll es auf dem Leuchtthurm zu Alexandrien einen grofsen Spiegel gegeben haben, mittelst dessen man die Schiffe aus den Häfen Griechenlands auslaufen sehen konnte) sagt, derselbe sey von chinesischem Metall gemacht gewesen.

I. Mittlere jährliche Wasserstände.

Jahr.	Rhone.	Saone.	Jahr.	Rhone.	Saone.	Jahr.	Rhone.	Saone
1826	1,00		1831	1,46	2,32	1836	1,13	2,02
1827	1,33	1,64	1832	0,82	0,84	1837	1,17	1,55
1828	1,15	1,48	1833	1,25	1,33	1838	1,40	1,66
1829	1,22	1,76	1834	1,00	0,99	1839	1,39	2,04
1830	1,18	1,36	1835	1,02	1,46	1840	1,19	1,55

	Gesammtmittel.	Extreme	
		Maximum.	Minimum.
Rhone	1,14	5,54	0,04
Saone	1,56	9,81	—0,29

II. Monatliche Mittel der ganzen Periode.

	Rhone.	Saone.		Rhone.	Saone		Rhone.	Saone.
Jan.	0,35	2,29	Mai	1,26	1,34	Sept.	1,44	1,11
Febr.	0,87	2,27	Juni	1,21	0,89	Oct.	1,26	1,13
März	1,02	2,19	Juli	1,29	0,58	Nov.	1,38	2,21
April	1,03	1,79	Aug.	1,31	0,53	Dec.	1,20	2,44

Aus der ersten Tafel erhellt, dafs Rhone und Saone nicht die Wasser-Abnahme zeigen, welche man an den norddeutscheu Flüssen und selbst am Rhein beobachtet hat (S. Ann. Bd. LVII S. 314). Ob diefs Wirklichkeit, oder blofs Folge einer Veränderung des Bettes jener Flüsse sey, hofft man, nach einer Bemerkung des Hrn. Fournet (a. a. O. p. 184), künftig durch Messungen der Wassermenge zu entscheiden. Die zweite Tafel bestätigt im Ganzen was Merian (Ann. Bd. LVII S. 315) über den Gang des Rheins, verglichen mit dem Gang solcher Flüsse, die nicht aus Gletschern entspringen, bemerkt hat. Die Rhone hat ihr Minimum im Januar, ihr Maximum im September, die Saone ihr Minimum im August, ihr Maximum im December.

XXIX. *Tieflage des Todten Meeres.*

Der Kapitain Washington hat Hrn. v. Humboldt, bei dessen letzten Aufenthalt in England, im Januar 1842, den Auszug eines von Hrn. Alderson an die K. geographische Gesellschaft zu London gerichteten Brief mitgetheilt, worin eine interessante Notiz über die neuerlich unternommene trigonometrische Operation zur Festsetzung der so oft bezweifelten tiefen Lage des todten Meeres gegen das mittelländische bei Jaffa.

Der Lieutenant Symond von der K. brittischen Marine, ein in genauen Vermessungen sehr geübter Officier, meldet von Jaffa unterm 28. Nov. 1841, dafs er die Triangulation des südlichen Theils von Syrien beendet, und dabei einen kürzlich aus England erhaltenen vortrefflichen siebenzölligen Theodolithen angewandt habe. »Es ist mir gelungen, schreibt Hr. Symond, die relativen Niveaux des mittelländischen und des todten Meeres zu bestimmen, und ich habe den Spiegel des letzteren 1607 engl. Fufs (489 Meter oder 251 Toisen) niedriger als das höchste Haus zu Jaffa gefunden.«

»Ich habe auch die First dieses Hauses, und Jaffa selbst, auf den Spiegel des Mittelmeeres zurückgeführt, und glaube, dafs dieser Spiegel bestimmt nahe an 1400 engl. Fufs (427 Meter oder 219 Toisen) höher liegt als der des todten Meeres, was das Doppelte (?) des bisher angenommenen Unterschiedes ist. Ich habe Ursache, mit der Genauigkeit einer Operation zufrieden zu seyn, die in ihren verschiedenen Theilen eine vollkommene Uebereinstimmung zeigt, und die ich bald mit allem Detail nach England senden werde.«

»Die HH. Symond und Alderson haben die Messung einer grofsen Standlinie bei St. Jean-d'Acre beendet und der erstere dieser Officiere hat im Auftrag der

englischen Regierung das Land vom Cap Blanc bis ostwärts vom Jordan und todten Meere trigonometrisch aufgenommen.«

»Bei dieser Gelegenheit ist es nützlich daran zu erinnern, dafs die trigonometrische Operation des Lt. Symond eine Bestätigung liefert von der barometrischen Messung, welche der gelehrte Reisende Nubien's, Palästina's und Klein-Asiens, Hr. Russegger, mit allem Detail in den *Annalen der Physik* von Poggendorff (1841, No. 5. p. 186) veröffentlicht hat. Hr. Russegger fand:

Unter dem Spiegel des mittelländischen Meeres

Spiegel des todten Meeres	223	Toisen
- - Tiberias-Sees	104	-
Jericho	108	-

Ueber dem Spiegel des mittelländischen Meeres

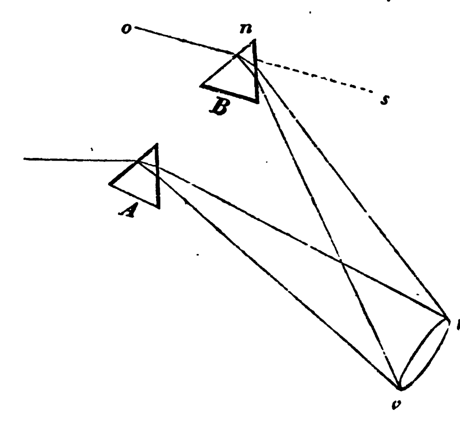
Hebron	474	Toisen
Jerusalem, Kloster der Franken	413	-
Bethlehem	423	-

Diese Messungen stützen sich nicht auf correspondirende gleichzeitige Beobachtungen am Mittelmeere, zu Jerusalem und am todten Meere; allein das Barometer wurde an jede dieser drei Stationen zurückgebracht, und die geringe Aenderung, die es an denselben Stationen zu verschiedenen Zeiten erlitt, scheint zu erweisen, dafs da, wo es sich um eine so ungeheure Niveauverschiedenheit handelt, der Mangel correspondirender Barometerbeobachtungen keine sehr grofsen Fehler verursacht haben könne [1]). (*Compt. rend. T. XV p.* 884.)

1) Was die früheren Messungen betrifft, so findet man sie im Ergänzungsbande (S. 356), wo auch (S. 352) die neusten Messungen über das Niveau des kaspischen Meeres mitgetheilt sind. *P.*

XXX. *Zusammensetzung des weiſsen Lichtes aus den verschiedenen Farben des Spectrums; von J. Müller, in Gieſsen.*

Man hat bekanntlich verschiedene Methoden, um zu zeigen, daſs das weiſse Licht aus den verschiedenen Farben des Spectrums wieder zusammengesetzt werden könne. Newton vereinigte die durch das Prisma getrennten Strahlen durch eine Linse wieder in einem Punkte, und erhielt auf diese Art wieder ein weiſses Sonnenbild; Münchow versetzte ein Prisma durch ein Uhrwerk in Oscillationen, wodurch dann auch das auf einer weiſsen Wand aufgefangene Farbenbild rasch hin- und hergeht, und den Anblick eines langen, weiſsen, nur an den Enden gefärbten Streifens darbietet; folgender Versuch aber, wie ich ihn bei meinen Vorträgen über Physik anstelle, beweist den fraglichen Satz auf eine eben so einfache als überraschende Weise. Dieser Versuch besteht darin zu zeigen, daſs das auf einer weiſsen Wand aufgefangene prismatische Farbenbild durch ein zweites in die richtige Stellung gebrachtes Prisma betrachtet, als eine weiſse runde Scheibe erscheint.



In nebenstehender Figur sey *rv* ein Spectrum, welches, durch das Prisma *A* erzeugt, auf einer weiſsen Wand aufgefangen worden ist. Wenn nun ein zweites Prisma *B* so aufgestellt wird, daſs es dasselbe Spectrum *rv* an der-

selben Stelle erzeugen würde, wenn ein Sonnenstrahl in der Richtung *on* darauf fiel, so ist klar, dafs auch die Strahlen, welche in umgekehrter Richtung von dem Spectrum auf das Prisma fallen, in der Richtung *no'* austreten werden; ein in *o* befindliches Auge mufs also in der Richtung *ons* ein rundes weifses Bild des langen farbigen Spectrums sehen, weil es ja in der Richtung *no* von Strahlen getroffen wird, die von den verschiedenfarbigen Stellen des Spectrums *rv* ausgegangen sind.

Die Stellung, welche man dem Prisma *B* geben mufs, um durch dasselbe das Spectrum *rv* ganz weifs zu sehen, läfst sich leicht durch den Versuch ausmitteln.

XXXI. *Entgegnung von A. Breithaupt.*

In Bezug auf den Angriff, den Hr. Haidinger in diesen Annalen, Bd. LIV St. 4 S. 539, wegen des *Allogonites Herderi* oder des *Herderits* gegen mich gerichtet, und den ich nicht um der Sache, sondern um der Art und Person willen bedauere, habe ich mehr nicht als Folgendes zu entgegnen. Das Mineral in dem Stücke, welches ich schon im Jahre 1813 Wernern schenkte, war mir, *als nicht zum Apatit gehörig*, damals aufgefallen; ich zeigte es *deshalb* Wernern, der es aber für Apatit ansprach, und das Stück zu besitzen wünschte. Werner selbst (nicht ich, wie Hr. Haidinger wähnt) hat es in seine Sammlung gelegt, und zwar zu den Apatiten, und nie würde ich diefs gethan haben. Nach Werner's Tod nahm ich mir wirklich nie die Freiheit, von diesem Stücke etwas zu lösen, um es zu untersuchen. Ich hatte aber Gelegenheit Sachverständige, namentlich den Bergacademie-Inspector Köhler, und, irre ich nicht, auch Hrn. von Weissenbach (jetzt Geheimer Regie-

rungsrath) darauf aufmerksam zu machen. Obwohl ich eigentlich als Entdecker und Geber einen Anspruch gehabt hätte, das damals nur in dem einen Stücke existirende Mineral untersuchen zu dürfen, ward es, ohne mein Wissen, Hrn. Haidinger gegönnt, es in seine Wohnung zu nehmen, und es zu bestimmen. *Diese Bestimmung nun gehört lediglich Hrn.* Haidinger, *nicht mir, an;* ich habe sie aber auch niemals als die meinige ausgegeben, und folglich mir kein Plagiat erlaubt. Jahre lang früher, als Hr. Haidinger seine Bestimmung bekannt gemacht, habe ich das Mineral unter dem Namen *Allogonit* in meinen Vorlesungen mit vorgezeigt, dabei mich nur als Entdecker, Hrn. Haidinger aber gewissenhaft als Beschreiber genannt, nach einer Etiquette, die von Hrn. Haidinger selbst dem Stücke beigelegt war. Ich kann mich nicht davon überzeugen, gegen Hrn. Haidinger indiscret gewesen zu seyn. Erst *nachdem* Hr. Haidinger den Herderit bekannt gemacht, habe ich davon einen literarischen Gebrauch gemacht. Der ganze Angriff gegen mich scheint mehr durch die Bemerkung des Hrn. Glocker als durch mich selbst veranlafst zu seyn. Hätte ich bei Herausgabe des zweiten Bandes meines Handbuchs der Mineralogie an dieselbe Bemerkung gedacht, so würde ein kleiner Zusatz zu der von Hrn. Haidinger citirten Stelle etwa so, »und um nicht Hrn. Haidinger vorzugreifen,« jeden Prioritätsstreit vermieden haben.

Freiberg, am 11. Januar 1843.

1843. ANNALEN №. 3.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LVIII.

I. *Ueber die Sauer-Wasserstoffsäule*; *von* C. F. Schönbein.

In dem Decemberheft des »*Philosophical Magazine*« für 1842 beschreibt Hr. Grove eine Volta'sche Säule, welche er »*a gaseous voltaic Battery*« nennt, und die kaum fehlen kann, die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich zu ziehen [1]).

Veranlafst durch die Beobachtung, dafs zwei Platinstreifen, wenn bedeckt von sauer- und wasserstoffhaltigen Röhren und verbunden mit dem Drahte des Galvanometers, die Nadel dieses Werkzeuges abzulenken vermögen, füllte der genannte Naturforscher eine Anzahl von Glasröhren theilweise mit Wasserstoffgas, theilweise mit Schwefelsäure von 1,2 spec. Gew. an, und eben so viele Röhren wurden von ihm zum Theil mit Sauerstoffgas, zum Theil mit der eben erwähnten sauren Flüssigkeit gefüllt.

Indem Hr. Grove je eine Wasserstoffröhre vermittelst eines Platinstreifens mit je einer Sauerstoffröhre leitend verband, und funfzig derartige Röhrenpaare nach dem Schema der Volta'schen Säule unter einander vereinigte, erhielt er eine Vorrichtung, die merklich starke Schläge zu ertheilen vermochte, mit feinen Kohlenspitzen deutlich wahrnehmbare Funken gab und eine ziemlich bedeutende elektrolysirende Kraft äufserte.

Wurden sämmtliche Röhren, anstatt der genannten Gase, mit atmosphärischer Luft gefüllt, so zeigten dieselben, wenn zur Säule verbunden, keinen Strom, und

1) Der Aufsatz des Hrn. Grove würde bereits im vorigen Hefte d. Ann. mitgetheilt. P.

eben so wenig wurde ein solcher erhalten, wenn Kohlensäure und Stickstoff oder Sauerstoff und Stickstoff in den Röhren mit einander abwechselten; auch fielen die Stromwirkungen äufserst schwach aus, falls in den Röhren Wasserstoff mit Stickgas abwechselte.

Einige theoretische Bemerkungen sowohl, welche Hr. Grove über seine luftförmige Säule macht, als auch der Umstand, dafs ich selbst vor einigen Jahren über das Volta'sche Verhalten des Sauerstoffs, Wasserstoffs, Wassers und Platins Versuche anstellte, deren Ergebnisse mit den neuesten Beobachtungen des britischen Physikers auf das Genaueste zusammenhängen, ja mit letzteren eigentlich zusammenfallen, veranlafsten mich die fragliche Säule und die Ursache ihrer Volta'schen Wirksamkeit einer etwas genaueren Erörterung zu unterwerfen, welcher Arbeit ich mich um so eher unterziehe, als sich an diesen Gegenstand einige wissenschaftliche Fragen knüpfen, die, nach meinem Dafürhalten, von nicht ganz geringer Bedeutung sind. Schon im Jahre 1838 wurde von mir die Thatsache ermittelt, dafs in einer U-förmigen Röhre enthaltenes Wasser, durch welches der Strom einer Säule gegangen, nur dann polarisirt erscheint oder eine wirksame Kette bildet, wenn die beiden Flüssigkeitssäulen der Schenkelröhre durch einen aus Platin bestehenden Schliefsungsbogen verbunden werden. Auch ist später von mir gezeigt worden, dafs eine wäfsrige Wasserstofflösung mit reinem Wasser Volta'sch combinirt, einen Strom liefert, welcher von der ersteren Flüssigkeit in die letztere geht, welcher Strom aber nur dann auftritt, wenn beide flüssige Materien durch einen Platinstreifen verbunden werden, oder wenigstens der Theil des metallischen Schliefsungsbogens, der in die Wasserstofflösung reicht, aus Platin besteht.

Eben so habe ich nachgewiesen, dafs eine wäfsrige Sauerstofflösung, mit reinem Wasser Volta'sch verbunden, keinen Strom erzeugt oder keine wirksame Kette

bildet, selbst wenn durch Platin dieselbe geschlossen werden sollte. Meinen früheren Erfahrungen zufolge entsteht also nur dann ein Strom, wenn Wasserstoff, Wasser und Platin sich gleichzeitig berühren und so mit einander verbunden sind, dafs diese Materien eine in sich selbst zurücklaufende leitende Linie oder eine Kette bilden.

In einer Abhandlung über die Volta'sche Polarisation fester und flüssiger Substanzen, die ich im vorigen Jahre der Academie vorzulegen die Ehre hatte, und die später in Poggendorff's Annalen veröffentlicht wurde, sind alle die von mir über diesen Gegenstand erhaltenen Resultate zusammengestellt, wie auch einige Vermuthungen über die Ursache der beobachteten Erscheinungen ausgesprochen worden, weshalb ich mir erlaube, auf gedachte Arbeit zu verweisen.

Aus der Abhandlung, in welcher Hr. Grove seine neue Säule beschreibt, erhellt, dafs derselbe den von ihr erzeugten Strom aus der chemischen Vereinigung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff ableitet, welche Vereinigung er durch die katalytische Thätigkeit des Platins bewerkstelligen läfst. Aus folgenden Gründen scheint mir aber eine solche Annahme unzulässig zu seyn:

1) Nach meinen Versuchen erhält man einen Strom selbst dann, wenn eine wäfsrige Wasserstofflösung mit reinem, d. h. von Sauerstoff vollkommen befreitem, Wasser Volta'sch combinirt und eine solche Kette durch Platin geschlossen wird. In dieser Vorrichtung kann nun von der chemischen Thätigkeit, welcher Hr. Grove den Strom seiner Säule zuschreibt, nicht die Rede seyn, da kein freier Sauerstoff in der besagten Kette vorhanden ist. Aus dieser Thatsache folgt aber mit Nothwendigkeit, dafs wenigstens ein Theil des Stroms der neuen Säule eine andere als die von Hrn. Grove bezeichnete Quelle hat.

2) Führt man reinen Sauerstoff oder atmosphärische

Luft in die Wasserstofflösung meiner Kette ein, so wird hiedurch, gemäfs den von mir gemachten Beobachtungen, der Strom derselben durchaus nicht verstärkt, was aber offenbar geschehen müfste, wenn die unmittelbare Verbindung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoff eine Stromerregung zur Folge hätte.

3) Die Anwendung der Elemente der neuen Grove'schen Säule ist so, dafs man schwer einsieht, wie der Sauerstoff der einen Röhre mit dem Wasserstoff des folgenden Gefäfses sich vereinigen soll, da beide Gase durch eine bedeutende Flüssigkeitsmasse von einander getrennt sind. Indem je zwei benachbarte Röhren durch gesäuertes Wasser in Verbindung stehen, ist allerdings die physikalische Möglichkeit gegeben, dafs nach und nach ein Theil des Sauerstoffgases der einen Röhre in die Flüssigkeit desjenigen Gefäfses gelange, welches den Wasserstoff eingeschlossen hält, und dafs umgekehrt auch ein Theil des Wasserstoffs in die Sauerstoffröhre trete, so dafs mit der Zeit in der Flüssigkeit beider Röhren Wasserstoff und Sauerstoff gelöst seyen, und mit den in ihr befindlichen Platinstreifen in Berührung zu stehen kommen. Da aber schon in dem ersten Augenblick der Schliefsung der Säule der Strom auftritt, in einem Zeitpunkte also, wo von der eben erwähnten Mengung der Gase noch nicht die Rede seyn kann, so erhellt hieraus, dafs der fragliche Strom seine Quelle nicht in einer directen Verbindung des angewendeten freien Sauerstoffs mit freiem Wasserstoff haben kann. Aus der in dem voranstehenden Paragraphen erwähnten Thatsache ergiebt sich aber auch, dafs selbst durch das Zutreten von Sauerstoff in die Wasserstoffröhre der Strom der Säule nicht verstärkt werden würde.

Fände indessen auch wirklich eine sehr rasche Mengung beider Gase statt, und vermehrte die Anwesenheit des Sauerstoffs im Wasserstoff die Stromstärke, so ist leicht einzusehen, dafs gerade durch die beiden zuletzt

bezeichneten Umstände der Strom der Säule schnell aufgehoben werden müfste; denn wäre die Verbindung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff die wirkliche Stromquelle, und fände diese chemische Thätigkeit mit gleicher Stärke nicht blofs in den abwechselnden, sondern in allen Röhren der Säule statt, so müfsten in einem solchen Falle nothwendig die aus diesen Actionen entsprungenen Ströme sich aufheben, weil dieselben in entgegengesetzten Richtungen sich bewegten.

Die angeführten Gründe, denen ich noch einige andere von nicht geringerem Gewichte beifügen könnte, zeigen, nach meiner Meinung, auf die augenfälligste Weise, dafs der Strom der neuen Grove'schen Säule nicht in Folge der unmittelbaren Verbindung des in Anwendung gebrachten Sauerstoffs mit dem Wasserstoff erregt wird.

Es fragt sich nun, welches denn die wahre Quelle oder die chemische Ursache des in Rede stehenden Stromes sey? In der vorhin erwähnten Abhandlung über die Volta'sche Polarisation (siehe Poggendorff's Annalen, 5. Heft, 1842) ist diese Frage bereits beantwortet, d. h. die Ansicht von mir ausgesprochen und durch einige Thatsachen wahrscheinlich gemacht worden, dafs der Strom meiner Wasserstoffkette seinen nächsten Grund in einem Wasserstoffsuboxyd habe, welches sich unter dem katalytischen Einflusse des Platins aus Wasser und Wasserstoff bilde. Da nun die Richtung des Stromes besagter Kette mit der Richtung des Stromes der Grove'schen Luftsäule dieselbe ist, auch die Aehnlichkeit beider Vorrichtungen hinsichtlich der bei ihnen in Anwendung gebrachten Substanzen auf den ersten Blick schon erkannt wird, so hege ich auch nicht den geringsten Zweifel darüber, dafs in beiden Combinationen die gleiche Stromursache wirksam ist.

Wenn nun mit Gewifsheit angenommen werden darf, dafs die unmittelbare Verbindung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoff nicht die Quelle des fraglichen Stromes ist,

und wenn die Erfahrung zeigt, dafs die Anwesenheit des ersteren Elementes in dem letzteren keine Stromverstärkung bewirken kann; wenn aus meinen früheren Untersuchungen ferner erhellt, dafs eine Sauerstofflösung mit reinem Wasser Volta'sch verbunden und mit einem Platinbogen zur Kette geschlossen, keinen Strom erregt, wie kommt es denn, dafs eine Säule, in welcher Sauerstoffröhren mit Wasserstoffgefäfsen abwechseln, einen Strom liefert, der stärker ist als derjenige, erzeugt von einer Vorrichtung, in welcher die abwechselnden Röhren nur säurehaltiges Wasser, die übrigen Gefäfse aber Wasserstoff enthalten? Oder die Frage in anderen Worten gestellt: welches ist die Rolle, welche der Sauerstoff in der neuen Grove'schen Säule spielt? Nach den Auseinandersetzungen, welche in meiner neulich erschienenen Abhandlung über die elektrolysirenden Wirkungen der einfachen Kette enthalten sind (siehe Poggendorffs Annalen, 9. Heft, 1842), mufs ich die Ursache der fraglichen Verstärkung des Stromes zu allernächst und hauptsächlich in einer depolarisirenden Thätigkeit des Sauerstoffs suchen. Durch den Strom, der von einer Wasserstoffröhre zu dem benachbarten Sauerstoffgefäfs geht, wird nämlich die in letzterem sich befindende negative Platinelektrode positiv polarisirt, in Folge des Wasserstoffs, der sich an derselben ausscheidet. Diese positive Polarität erregt aber sofort einen secundären Strom, der, was seine Richtung betrifft, dem primitiven entgegengesetzt ist, und diesen daher schwächen mufs. Ist aber die besagte negative Elektrode mit einer Flüssigkeit umgeben, welche freien Sauerstoff enthält, so wird unter dem Einflufs des Platins, woraus, der Voraussetzung nach, die erwähnte Elektrode besteht, der an dieser letzteren ausgeschiedene Wasserstoff mit dem benachbarten freien Sauerstoff vereinigt, hiedurch aber auch die positive Polarisirung der negativen Platinelektrode sowohl als die Polarisirung der das Platin umgebenden Flüssigkeit, folg-

lich auch die Schwächung des primitiven Stromes verhindert.

Da die positive Polarität, welche das Platin als negative Elektrode erlangt, schon bedeutend ist im Verhältnifs zu der Stärke des Stromes, der diesen polaren Zustand hervorruft, so folgt hieraus, dafs der Sauerstoff durch den depolarisirenden Einflufs, welchen er in der neuen Grove'schen Säule ausübt, eine merkliche Verstärkung des primitiven Stromes dieser Vorrichtung bewirken mufs. Es ist aber möglich, ja sogar wahrscheinlich, dafs der gleiche Sauerstoff zur Stromvermehrung auch noch durch die Wirkungsweise beiträgt, die von mir S. 57 des 9. Heftes der Poggendorff'schen Annalen für 1842 angedeutet worden ist.

Wenn nun Hr. Grove nur einen schwachen Strom erhielt, falls er in seiner Säule, anstatt des Sauerstoffs, Stickgas anwendete, so begreift sich ein solches Resultat sehr leicht. Der freie Stickstoff vermag nicht, wie der Sauerstoff, unter dem katalytischen Einflusse des Platins mit dem an diesem Metall ausgeschiedenen Wasserstoff sich chemisch zu verbinden; es kann also der Stickstoff auch nicht die positive Polarisation der negativen Elektroden verhindern, und daher die schwachen Stromwirkungen einer Stick-Wasserstoffsäule.

Dafs Säulen, gebaut aus Röhren, in denen der Sauerstoff mit dem Stickstoff oder die Kohlensäure mit dem Sauerstoff abwechselt, nach den Beobachtungen des Hrn. Grove keinen Strom erregen, kann, nach den Ergebnissen meiner früheren Untersuchungen, nicht im mindesten auffallend erscheinen. Diesen Resultaten gemäfs üben die genannten Gasarten auf das gewöhnliche Platin keinerlei Art von polarisirendem Einflufs aus; auch vermögen sie nicht die in diesem Metall durch gewisse luftförmige Körper (z. B. Chlor- oder Wasserstoffgas) entwickelten Polaritäten wieder aufzuheben. Oder, was das Gleiche ist, eine wäfsrige Stickstofflösung mit einer

wäfsrigen Sauerstofflösung Volta'sch combinirt, und die eine Flüssigkeit mit der andern durch Platin leitend verbunden, bildet keine wirksame Kette, weil das Platin auf keine dieser Lösungen einen katalytischen Einfluss ausübt, oder in denselben keine chemischen Veränderungen veranlafst.

Es dürfte hier der schicklichste Ort seyn, einige Andeutungen über eine Säule zu geben, welche man Wasserstoff-Chlorsäule nennen könnte, weil in derselben Wasserstoff und Chlor eine bedeutende elektromotorische Rolle spielen. Zu diesem Behufe sey es mir erlaubt, vor allererst eine Kette in Erinnerung zu bringen, die vor einigen Jahren von mir gebildet und beschrieben wurde.

Eine wäfsrige Lösung von Chlor Volta'sch verbunden mit reinem Wasser, erregt einen Strom, welcher vom reinen Wasser zur Chlorlösung geht, falls beide Flüssigkeiten durch einen Metallbogen in leitende Verbindung gesetzt werden. Eine Thatsache ganz gleicher Art ist die von mir gemachte Beobachtung, dafs ein Platinstreifen, in Chlorgas gebracht, augenblicklich negative Polarität erlangt, und dafs derselbe, mit einem gewöhnlichen Platinstreifen in Wasser getaucht, eine Kette bildet, in welcher der Strom vom gewöhnlichen Platin zu dem mit Chlor behandelten Streifen geht.

Würde man nun eine Anzahl solcher Ketten unter einander leitend verbinden, so erhielte man eine Säule, deren Elemente wäfsriges Chlor und reines Wasser wären. Es versteht sich von selbst, dafs eine so zusammengesetzte Vorrichtung an Wirksamkeit bedeutend gewinnen würde, wenn man die Chlorlösung wohl als das reine Wasser mit Schwefelsäure versetzte. Gemäfs den weiter oben gemachten Angaben müfste aber die Stärke des Stromes dieser Säule abermals um ein Merkliches gesteigert werden, würde man in die Gefäfse, welche blofs das schwefelsäurehaltige Wasser enthalten, Was-

serstoffgas einführen, also in der fraglichen Säule gesäuerte Chlorlösung mit gesäuerter Wasserstofflösung abwechseln lassen, und je ein Chlorgefäfs mit dem benachbarten Wasserstoffgefäfs durch Platin leitend verbinden. Man sieht leicht ein, dafs in einer so beschaffenen Säule nicht nur in dem Chlorgefäfs eine elektromotorische Thätigkeit stattfinden, sondern eine solche auch in der Wasserstoffzelle auftreten wird und beide Thätigkeiten Ströme in Bewegung setzen werden, die einerlei Richtung haben, und somit sich gegenseitig verstärken.

Es begreift sich auch leicht, dafs bei sonst gleichen Umständen die Stärke des Stromes einer derartigen Volta'schen Vorrichtung bedeutender seyn mufs, als die Stärke des Stromes der neuen Grove'schen Säule ist; denn in letzterer findet nur in den Wasserstoffröhren eine elektromotorische Thätigkeit statt, und spielt der Sauerstoff in den übrigen Röhren hauptsächlich nur die Rolle einer depolarisirenden Substanz.

Was nun den depolarisirenden Einflufs betrifft, welchen das Chlor auf die negativen Platinelektroden der Wasserstoff-Chlorsäule ausübt, so sieht man unschwer ein, dafs derselbe gröfser ist, als derjenige, ausgeübt durch den Sauerstoff auf die gleichnamigen Elektroden der Grove'schen Vorrichtung. Das Chlor verbindet sich leichter mit dem Wasserstoff, als diefs der Sauerstoff thut; es mufs daher auch durch das Chlor die Depolarisation der negativen Elektroden rascher und vollständiger bewerkstelligt werden, als dieselbe durch Sauerstoff herbeigeführt wird, aber eben diese raschere und vollständigere Wirkungsweise kann daher auch nicht fehlen, die Stromstärke der Wasserstoff-Chlorsäule zu vermehren.

Untersuchen wir etwas genauer letztere Säule in Bezug auf die in ihr stattfindenden depolarisirenden Thätigkeiten, so finden wir, dafs sie ein Verhalten zeigt, welches keiner der bis jetzt bekannt gewordenen Säulen zu-

kommt. In der fraglichen Vorrichtung spielen nämlich das Chlor und der Wasserstoff gleichzeitig zwei Rollen: in Folge ihrer eigenthümlichen chemischen Beziehungen zum Wasser wirken diese Substanzen elektromotorisch, und erregen in der Säule Ströme, welche, wie wir gesehen, in der gleichen Richtung sich bewegen. Dann aber heben die genannten Materien auch die Polaritäten auf, welche in Folge der eben erwähnten Ströme an den Elektroden unserer Säule erregt werden. Die positiven Elektroden sind von der Wasserstofflösung, die negativen Elektroden von der Chlorlösung umgeben; Kraft der chemischen Wirkung des primitiven Stromes der Säule tritt an den positiven Elektroden Ozon auf, oder bildet sich an denselben eine höhere Oxydationsstufe des Wasserstoffs als secundäres Product, und an den negativen Elektroden erscheint entweder Wasserstoff oder erzeugt sich ebenfalls als secundäre Bildung ein Wasserstoffsuboxyd (Siehe Poggendorff's Annalen, 5. Heft 1842). Durch das ausgeschiedene Ozon oder die gebildete höhere Oxydationsstufe des Wasserstoffes werden die positiven Elektroden negativ, durch den ausgeschiedenen Wasserstoff oder das gebildete Wasserstoffsuboxyd die negativen Elektroden positiv polarisirt. Der Wasserstoff nun, der im gelösten Zustande die positiven Elektroden umgiebt, verbindet sich mit dem an den letzteren frei gewordenen Ozon oder mit einem Theile des Sauerstoffs, enthalten in der besagten höheren Oxydationsstufe des Wasserstoffs; das Chlor, ebenfalls im gelösten Zustande die negativen Elektroden umschliessend, vereinigt sich chemisch entweder mit dem an diesen Elektroden sich ausscheidenden Wasserstoff oder mit einem Theile des gleichen Elementes anwesend in dem Wasserstoffsuboxyd; es wird somit durch die beiden bezeichneten Actionen die Erregung der Polaritäten der positiven und negativen Elektroden der Säule fortwährend verhindert.

Eine Säule, ganz analog mit der eben besprochenen, läfst sich zusammensetzen aus Wasserstofflösung und metallischen Hyperoxyden, und es dient, nach meinen Erfahrungen, für diesen Zweck vorzugsweise das Blei- oder das Silbersuperoxyd. In einer derartigen Volta'schen Vorrichtung spielen die Superoxyde, oder vielmehr das zweite Mischungsgewicht des in ihnen enthaltenen Sauerstoffs, in jeder Hinsicht die gleiche Rolle, welche das Chlor in der Wasserstoff-Chlorsäule übernimmt; es wirken diese Hyperoxyde gleichzeitig elektromotorisch und depolarisirend. Ersetzt man daher in der neuen Grove'schen Säule den gasförmigen freien Sauerstoff durch Bleihyperoxyd, so erhält man eine Vorrichtung, welche, unter sonst gleichen Umständen, einen Strom liefert, welcher stärker ist, als derjenige, erregt durch eine Sauerstoff-Wasserstoffsäule.

Ich habe kaum nöthig zu bemerken, dafs die besprochenen Säulen weder unter dem Gesichtspunkte der Oeconomie noch unter demjenigen der Wirksamkeit zur Anwendung empfohlen werden können; es knüpft sich aber an diese Combinationen ein nicht geringes theoretisches Interesse vorzüglich dadurch, dafs sie auf die anschaulichste Weise den innigen Zusammenhang darthun, welcher zwischen dem chemischen Verhalten der Körper und ihrer elektromotorischen Wirkungsweise, also zwischen chemischer Thätigkeit und Volta'schen Erscheinungen besteht. Ganz besonders aber, wie mir scheint, verdient die Wasserstoff-Wasser-Platinsäule oder Kette die Aufmerksamkeit der Physiker, und zwar aus folgendem Grunde. Unter den bekannteren Metallen ist es nach meinen Untersuchungen das Platin allein, welches das Vermögen besitzt, in Berührung mit Wasserstofflösung und Wasser einen Strom zu erregen. Da es nun dieses Metall auch wieder ist, welches in so ganz eigenthümlichen Beziehungen zum Sauerstoff und Wasserstoff steht, das heifst, beim Contact in beiden Elemen-

ten ihre chemische Affinität zu einander in aufserordentlicher Weise erregt, so kann man wohl kaum umhin, die eine und die andere der erwähnten Wirkungen von der gleichen Ursache abzuleiten, von derjenigen unbekannten Kraft nämlich, welche Berzelius die »katalytische« genannt hat. Rühren aber wirklich beide Wirkungsarten von einer und eben derselben Ursache her, so gewinnt eine derartige Thatsache ein hohes wissenschaftliches Interesse, da dieselbe den Beweis liefern würde: dafs, wie die gewöhnliche chemische Anziehung der Körper, so auch das katalytische Vermögen unter gegebenen Umständen Volta'sche Erscheinungen hervorrufen könnte oder als elektromotorische Kraft zu wirken vermöchte.

Ist aber mit Sicherheit einmal auch nur ein Fall ermittelt, in welchem die durch katalytische Thätigkeit veranlafste chemische Veränderung von Materien eine Stromerregung zur Folge hat, so steht zu erwarten, dafs derselbe nicht vereinzelt bleibe, und dafs es weiteren Forschungen gelingen werde, nicht nur die Anzahl von derartigen Fällen zu vermehren, sondern auch das immer noch so dunkle Verhältnifs aufzuklären, in welchem die katalytische Kraft und die gewöhnliche Affinität zu einander stehen. Es ist aber leicht einzusehen, welche Wichtigkeit die Ermittlung eines solchen Verhältnisses für die theoretische Chemie haben, und wie hell das Licht seyn müfste, das eine klare Einsicht in die Natur der chemischen Contactsthätigkeiten auf ein weites Gebiet von Erscheinungen zu werfen nicht fehlen könnte. Die Physico-Chemiker dürften daher für ihre Untersuchungen nicht leicht einen Gegenstand wählen können, der interessantere Seiten darböte und wichtigere Resultate verspräche, als der eben berührte, weshalb ich auch hoffe, dafs in der nächsten Zukunft schon eifrige Forschungen auf dem bezeichneten Felde angestellt und hieraus der Wissenschaft bedeutende Bereicherungen erwachsen werden.

Aber noch unter einem anderen Gesichtspunkte würde die Fähigkeit der katalytischen Kraft, Volta'sche Ströme zu erregen, eine interessante Seite zeigen. Bekanntlich fehlt es namentlich in Deutschland nicht an Physikern, welche immer noch Volta's Ansichten huldigen, das heifst, welche die Hauptquelle der hydroelektrischen Ströme in der Berührung verschiedenartiger Körper suchen, und die in der Säule stattfindenden chemischen Veränderungen nur als secundäre Thätigkeiten oder als Wirkungen der durch blofsen Contact entstandenen Ströme betrachten. Wie viele thatsächliche Beweise nun auch diejenigen zu geben schon versucht haben, welche der chemischen Theorie des Galvanismus zugethan sind, um die Richtigkeit der letzteren darzuthun, so ist doch keiner dieser Beweise von den Contactisten für überzeugend gehalten worden, und selbst den Thatsachen ist alle Beweiskraft abgesprochen worden, welche der eben so unbefangene als treffliche Forscher Faraday in seiner jüngsten Arbeit mitgetheilt hat, und welche nicht wenigen Physikern als vollkommen entscheidend erschienen sind. Auch von Seite der Vertheidiger der Contactshypothese werden von Zeit zu Zeit Thatsachen und Versuche angeführt, welche die Irrigkeit der chemischen Theorie widerspruchslos darthun, und sogenannte *Experimenta crucis* zu Gunsten der vertheidigten Ansicht seyn sollen. Noch keinem derartigen Versuche ist eine solche Beweiskraft allgemein zuerkannt worden, so dafs der Streit über den Quell der Volta'schen Elektricität, wenn er auch in diesem Augenblick ruht, doch noch keineswegs geschlichtet und entschieden ist.

Obwohl ich für meine Person nicht mehr den geringsten Zweifel hegen zu dürfen glaube, dafs chemische Thätigkeit und Stromerregung in dem Verhältnisse von Ursache und Wirkung stehen, und der Meinung bin, dafs Thatsachen genug vorliegen, damit aus denselben der Unbefangene in Bezug auf den fraglichen Streit sich

eine sichere Ueberzeugung bilde, so wäre es im Interesse der Wissenschaft doch wünschenswerth, dafs eine Erscheinung vorläge von so unzweideutiger Art, dafs hinsichtlich ihrer Ursache nur eine einzige Folgerung daraus gezogen werden könnte. Eine solche Erscheinung dürften wir nun, nach meinem Dafürhalten in den Strömen zu finden hoffen, welche unter gegebenen Umständen durch das katalytische Vermögen gewisser Körper hervorgerufen werden.

Würden wir z. B. zwei leitende Flüssigkeiten Volta'sch combiniren, und erwiese sich eine solche Kette wirkungslos, falls man dieselbe durch einen Leiter schlösse, der auf die eine oder die andere Flüssigkeit weder in gewöhnlicher noch katalytischer Weise chemisch einwirkte; erhielten wir aber von der besagten Kette einen Strom, wenn sie durch eine leitende Materie geschlossen würde, welche durch Katalysis in einer der Flüssigkeiten eine chemische Veränderung synthetischer oder analytischer Art bewerkstelligt: sollten wir aus solchen Thatsachen nicht den Schlufs ziehen dürfen, dafs der unter den angegebenen Umständen erhaltene Strom seinen Ursprung in der stattgefundenen chemischen Veränderung nehme? Nach meinem schwachen Urtheil wäre diese Folgerung nicht nur etwa zulässig, sie wäre auch die natürlichste und einfachste, die nur immer gemacht werden könnte.

Ich habe früher gezeigt, dafs wir in dem reinen Wasser und in der wäfsrigen Wasserstofflösung zwei derartige Flüssigkeiten besitzen, und wir aus denselben eine Kette von der beschriebenen Beschaffenheit bilden können. Dieselbe giebt, z. B. mit Gold, Silber, Kupfer u. s. w. geschlossen, keinen Strom; man erhält aber wohl einen solchen, wenn als Schliefsungsbogen dieser Kette dasjenige Metall in Anwendung gebracht wird, welches auf Sauerstoff und Wasserstoff, oder auf Sauerstoff und gewisse wasserstoffhaltige Verbindungen (z. B. Weingeist und Aether) so auffallend katalytisch einwirkt, nämlich das Platin.

Sollte nun der Strom, den man mit diesem Metall und der besagten Wasserstoffkette erhält, nicht als ein *Experimentum crucis* für die chemische Theorie des Galvanismus angesehen werden dürfen? Die Entscheidung dieser Frage überlasse ich unbefangenen und urtheilsfähigen Physikern.

Basel, im Januar 1843.

II. *Untersuchungen über einige anomale und normale galvanische Erscheinungen; von F. C. Henrici.*

(Schlufs von S. 76 dieses Bandes.)

III. Versuche mit verschiedenen Flüssigkeiten.

Die im vorigen Abschnitte mitgetheilten Erfahrungen machten es mir wünschenswerth, einige Versuche mit einer Aetzkalilösung auszuführen, in welcher mit Sicherheit völlige Abwesenheit von kohlensaurem Kali angenommen werden könnte. Hr. Prof. Wöhler schlug mir dazu eine Lösung von Aetzkali in Alkohol vor, welcher das kohlensaure Kali nicht aufzulösen vermag. Die mit einer solchen Lösung angestellten Versuche haben mir jedoch die gesuchte Aufklärung nicht gegeben, indem diese Lösung merkwürdigerweise ein der Schwefelkaliumlösung ganz analoges galvanisches Verhalten zeigte; als sie mit einem Silberdraht und einem Platindraht zu einer Kette verbunden wurde, kamen nur anomale Ströme zum Vorschein. Da auch dieser Flüssigkeit eine grofse Zersetzbarkeit eigen ist, so kann ich nicht daran zweifeln, dafs dieses anomale Verhalten derselben ebenfalls von freiem Wasserstoff herrühre.

Schon früher habe ich auf das auffallend positive galvanische Verhalten einer Mischung von schwefelsau-

rer Eisenoxydlösung mit Aetzammoniak aufmerksam gemacht, und die Gegenwart von freiem Wasserstoff in derselben vermuthet. In der That erhielt ich durch Combination derselben mit Silber- und Platindrähten sehr kräftige anomale Ströme. Hierdurch zur Untersuchung noch anderer ähnlicher Mischungen veranlafst, habe ich gefunden, dafs auch die Mischungen der Lösungen von schwefelsaurem Eisenoxyd mit Aetzkali und von Zinkvitriol und salpetersaurem Quecksilber mit Aetzammoniak, mit Silber- und Platindrähten galvanisch combinirt, anomale Ströme liefern, welche jedoch bei den beiden letzten Mischungen nur schwach waren. Die Gegenwart freien Wasserstoffs in allen diesen Flüssigkeiten scheint mir hiernach nicht bezweifelt werden zu können. Es versteht sich übrigens von selbst, dafs die Untersuchung der genannten Flüssigkeiten unmittelbar nach deren Bereitung vorgenommen wurde.

IV. Ueber das anomale galvanische Verhalten einiger Amalgame.

Nach Hrn. Poggendorff's Versuchen zeigen, aufser dem amalgamirten Zink, auch das amalgamirte Zinn und Blei ein anomales, d. h. positives Verhalten gegen die gleichnamigen unamalgamirten Metalle in verdünnter Schwefelsäure.

Obgleich die zahlreichen Versuche, welche ich über diesen Gegenstand angestellt habe, mich nicht zu einer vollständigen Erklärung desselben geführt haben, so glaube ich doch, die Ergebnisse dieser Versuche, da sie über das Wesen und den Ursprung der Erscheinung wenigstens einiges Licht verbreiten, hier in Kürze mittheilen zu dürfen.

Zuvörderst habe ich die auffallende Empfänglichkeit des Quecksilbers für eine galvanische Polarisirung durch Was-

1) Diese Annalen, Bd. L S. 263.

Wasserstoff zu erwähnen. Wenn man ein Glasröhrchen an einem Ende durch einen mit einem Eisendraht versehenen Pfropfen verschliefst, dann ein wenig Quecksilber hineinschüttet, auf dieses schwach schwefelsaures Wasser giefst, und hierauf, nach gehörig vorgerichteter Verbindung mit dem Multiplicator, die Spitze eines Zink-, Zinn- oder Bleidrahts in die Flüssigkeit einsenkt, so erhält man zwar einen lebhaften Ausschlag der Nadel, diese nähert sich aber nach kurzer Zeit dem Nullpunkte so sehr, dafs der Strom fast erloschen zu seyn scheint. Es bedarf jedoch nur einer Oeffnung der Kette auf längere Zeit, mit Entfernung des wasserzersetzenden Metalls aus der Flüssigkeit, um die anfängliche Wirkung wieder zu erhalten.

Wählt man zu diesem Versuche eine Flüssigkeit, welche den frei werdenden Wasserstoff durch Absorption von dem Quecksilber sogleich wieder entfernt (z. B. Salpetersäure), so erfolgt eine so rasche und starke Abnahme des ursprünglichen Stromes nicht; vielmehr erhält sich die Nadel dann bleibend in gröfserer Ablenkung.

Diese grofse Erregbarkeit durch Wasserstoff findet sich nun auch bei den Amalgamen der in Rede stehenden (und vermuthlich auch anderer) Metalle, wovon man sich am leichtesten durch ein ungleichzeitiges Einsenken zweier frisch (und trocken) amalgamirten Drähte derselben in schwach gesäuertes Wasser überzeugt. Man erhält dadurch stets Ströme, welche von dem zuerst eingesenkten Drahte unmittelbar in die Flüssigkeit übergehen, entsprechend der kräftigen negativen Erregung desselben durch den an diesem sich chemisch entwickelnden Wasserstoff. Da nun diese Erregung die gleiche an den unamalgamirten Metallen an Stärke bei weitem übertrifft, so ist einleuchtend, dafs es nur noch einer geringen anderweitigen in gleichem Sinne thätigen Wirkung bedarf, um den in Rede stehenden amalgamirten

gegen die gleichnamigen unamalgamirten Metalle einen positiv elektrischen Charakter einzuprägen.

Es entsteht daher die Frage, ob eine solche anderweitige Wirkung im vorliegenden Falle vorhanden seyn möge? Meine Versuche mit Zink-, Zinn- und Bleidräh ten haben in dieser Beziehung Folgendes ergeben. Bei der gleichzeitigen Einsenkung eines reinen und eines frisch und trocken amalgamirten Bleidrahts in schwach schwefelsaures oder salpetersaures Wasser entstand zuerst stets eine kräftige normale (dem Metallcontact entsprechende) Bewegung der Multiplicatornadel, welche jedoch sehr bald in die entgegengesetzte überging. Bei Anwendung eines reinen und eines amalgamirten Zinndrahts war die anfängliche Bewegung der Nadel, nur wenn das Wasser äufserst schwach gesäuert war, normal, immer aber nur sehr gering und von sehr kurzer Dauer. Mit Zinkdrähten habe ich normale Ströme dadurch erhalten, dafs ich an dem Ende des amalgamirten Drahts ein Quecksilbertröpfchen hangend machte (welches sogleich zähe wurde und sich daher leicht etwas in die Länge ziehen liefs), und nur dessen unteres Ende von der Flüssigkeit berühren liefs, während der unamalgamirte Draht darin eingetaucht war. Auch hier trat dann bald der anomale Strom ein.

Aus diesen Thatsachen darf man wohl schliefsen, dafs die in Rede stehende Erscheinung eine *secundäre* ist, und dafs die elektrische Contactwirkung der fraglichen heterogenen Metalle keine Anomalie darbietet, d. h. dafs die Amalgame von Zink, Zinn und Blei in der elektromotorischen Reihe unter denselben reinen Metallen stehen.

Ueber den Ursprung der stattfindenden Anomalie habe ich nur beim Blei eine weitere Aufklärung erlangen können. Wenn sich nämlich bei der Anwendung eines reinen und eines amalgamirten Bleidrahts der anomale Strom eingestellt hat, so bedarf es nur einer sorgfältigen Reinigung des unamalgamirten Drahts, um bei gleichzeitiger

Wiedereinsenkung beider Drähte zuerst wieder den normalen Strom erscheinen zu sehen, und dieses findet bei jeder Wiederholung des Versuchs statt, wenn nur der unamalgamirte Draht jedesmal wieder eine recht glänzende Oberfläche erhält. Auch wenn die Einsenkung beider Drähte vor ihrer Verbindung mit dem Multiplicator geschieht, erfolgt zuerst der normale Strom; läfst man jedoch in diesem Falle vor der Schliefsung der Kette eine längere Zeit verstreichen, so erscheint sogleich der anomale Strom bei der Schliefsung. Hieraus folgt, dafs unter Mitwirkung des ursprünglichen Stromes der Kette rasch, langsamer aber auch durch die bloſse Wirkung der Flüssigkeit, an dem unamalgamirten Bleidraht eine Oberflächenänderung erzeugt wird, welche hinreichend ist, die Contactwirkung der heterogenen Metalltheile in der Kette zu überwältigen, und eine der normalen entgegengesetzte, übrigens immer geringe elektrische Strömung in derselben zu verursachen.

Mit Zink- und Zinndrähten habe ich die so eben beschriebenen Erscheinungen nicht hervorzubringen vermocht.

V. Ueber das Verhältnifs der ursprünglichen chemischen Action in den galvanischen Ketten zu der chemischen Wirkung des elektrischen Stromes derselben.

Die chemischen Wirkungen, welche in den galvanischen Ketten stattfinden, sind theils ursprüngliche (selbstständige), theils durch die zersetzende Kraft des elektrischen Stromes derselben erst hervorgerufene. Es liegt also die Frage nach dem gegenseitigen Verhältnifs beider sehr nahe, und zwar um so mehr, da die Anhänger der chemischen Theorie des Galvanismus den elektrischen Strom in den mit zwei heterogenen Metallen zusammengesetzten Ketten aus einem Intensitätsübergewicht der ursprünglichen chemischen Action an dem positiveren Mtealle herzuleiten pflegen.

Die Ohm'sche Theorie giebt ein Mittel an die Hand, die elektrisch-chemische Wirkung des Stromes einer galvanischen Kette in fast jedem beliebigen Verhältnifs zu steigern. Ihr zufolge ist nämlich die Intensität des Stromes an irgend einer Stelle des geschlossenen Bogens dem Querschnitt dieser Stelle umgekehrt proportional, während seine Gröfse (Quantität), und mit dieser die Quantität seiner chemischen Wirkung überall dieselbe ist. Je mehr man also die Berührungsfläche des positiveren Metalls der Kette mit dem flüssigen Leiter verkleinert, desto mehr mufs die daselbst stattfindende elektrisch-chemische Action an Intensität zunehmen, da durch eine solche Verkleinerung die allgemeine Stromgröfse in der Kette in einem ungleich geringeren Verhältnifs vermindert wird.

Bei der gewöhnlichen Bauart der galvanischen Ketten ist die Berührungsfläche des positiven Metalls mit dem flüssigen Leiter so grofs, dafs die während der Schliefsung der Kette an derselben stattfindende elektrisch-chemische Action gegen die eben daselbst vorhandene rein chemische Action gewöhnlich ganz zurücktritt. Es fragt sich aber, ob nicht, durch Anwendung des so eben angegebenen Mittels, die erstere sich bis zu einem unmittelbar erkennbaren Uebergewicht über die letztere möge steigern lassen können? Es liegt auf der Hand, dafs in einem solchen Falle die chemische Theorie unvermögend seyn würde, von der Erscheinung irgend eine Erklärung zu geben.

Zur Beantwortung dieser Frage habe ich einige Versuche unternommen, deren Ergebnifs die entschiedenste Bejahung derselben gewesen ist. Um einen elektrischen Strom von einiger Stärke zu erhalten, habe ich anfänglich die Daniell'sche Einrichtung (in Diminutivform ausgeführt) benutzt. Ein cylindrisch geformtes dünnes Kupferblech wurde in ein Gefäfs mit Kupfervitriollösung gestellt, in dessen Mitte sich ein kleines Thongefäfs be-

fand, welches äufserst schwach mit Schwefelsäure gesäuertes Wasser enthielt. In dieses letztere wurde nun das zu prüfende Metall in Form eines sehr dünnen Drahts wenige Millimeter tief eingesenkt und dessen freies Ende mit dem Kupferblech leitend verbunden. Um die beiden fraglichen Wirkungen gleichzeitig neben einander stattfinden zu lassen und so mit einander vergleichen zu können, war neben diesem Drahte ein ganz gleich beschaffener befestigt, welcher nur dazu diente, die selbstständige chemische Wirkung der Flüssigkeit auf das zu prüfende Metall sichtbar zu machen. Ich habe übrigens später gefunden, dafs es der Daniell'schen Einrichtung zum Gelingen dieser Versuche nicht bedarf; ein kleiner, mit schwach gesäuertem Wasser gefüllter Platintiegel ist dazu vollkommen hinreichend.

Das allgemeine Resultat aller meiner derartigen, hauptsächlich mit Zink, Zinn und Kadmium angestellten Versuche war nun einfach dieses: während an dem freien Drahte meistens kaum eine Spur von selbstständiger chemischer Wirkung erschien, fand sich schon nach wenigen Minuten die zur Kette gehörige Drahtspitze mit einer ansehnlichen Oxydlage überzogen. Besonders augenfällig war dieser Erfolg beim Zinn, wegen der sehr dunklen Farbe des elektrisch gebildeten Ueberzugs. Bei einem dieser Versuche war die Flüssigkeit zufällig gerade von einem solchen Säuregehalt, dafs an dem freien Zinkdrahte eine, namentlich mit einer schwachen Lupe, sehr gut wahrzunehmende geringe Wasserstoffentwicklung stattfand; an der positiven Drahtspitze erschien dagegen jetzt auch nicht ein einziges Luftbläschen, sondern nur ein rasch zunehmender Oxydüberzug. In diesem Falle war also die rein chemische Action durch die Wirkung des in der Kette vorhandenen Stromes völlig aufgehoben worden, und statt ihrer fand nur eine Verbindung des Zinks mit dem an demselben elektrisch ausgeschiedenen Sauerstoff statt.

Nach diesen Erfahrungen kann man die beiden Metalle einer galvanischen Kette als nichts anderes, denn als Elektroden einer Zersetzungszelle ansehen, welche dazu dienen, einen vorhandenen elektrischen Strom durch die Flüssigkeit hindurchzuleiten. Die Entstehung dieses Stromes mufs also aufserhalb dieser Flüssigkeit gesucht werden, und da findet sich für dieselbe nichts weiter, als der Contact der heterogenen Metalle.

Es sey mir erlaubt diese Abhandlung mit einigen Bemerkungen über eine in neuerer Zeit mehr besprochene und zu unserem Gegenstande in näherer Beziehung stehende galvanische Combination, die von Zink und Eisen nämlich, zu beschliefsen. Beide Metalle besitzen das Vermögen, Wasser zu zersetzen, besonders wenn dieses mit Säuren versetzt ist, in einem vorzüglichen Grade; beide rufen daher, bei ihrer Berührung mit gesäuertem Wasser, chemische Actionen von gleicher Beschaffenheit hervor, deren Intensität mithin einfach nach den entwickelten Wasserstoffmengen beurtheilt werden kann. Die Richtung des in einer Zink-Eisenkette auftretenden kräftigen elektrischen Stromes leitet nun die chemische Theorie aus einem Intensitätsübergewicht dieser chemischen Action am Zink her. Die Unstatthaftigkeit dieses Erklärungsprincips aber ergiebt sich mit voller Evidenz aus folgendem Versuche. Ich füllte zwei, durch eine poröse Scheidewand getrennte Zellen mit reinem Wasser, stellte in die eine einen Zinkdraht, in die andere einen Eisendraht, und schlofs diese Kette durch den Multiplicator, dessen Nadel sich nach einigen Schwingungen bei 32° normaler Ablenkung einstellte. Hierauf liefs ich an dem Rande der *den Eisendraht* enthaltenden Zelle einige Tropfen diluirter Schwefelsäure hinabfliefsen; augenblicklich setzte sich die Multiplicatornadel *in der bereits vorhandenen Richtung* in eine langsame Bewegung, welche, während die Säure sich allmälig mit dem Wasser mischte, fortwährend zunahm, bis die Na-

del die Hemmung erreichte, an welche sie sich so fest anlegte, dafs sie, durch einen kleinen Magneten von derselben momentan zurückgezogen, mit Heftigkeit dagegen schlug. Die chemische Action am Eisendrahte hatte sich unterdefs bis zu einer ziemlich lebhaften Gasentwicklung gesteigert, der Zinkdraht dagegen zeigte fortwährend eine glänzende Oberfläche ohne eine Spur von Wasserzersetzung. Das Intensitätsübergewicht der chemischen Action war mithin unbestreitbar jetzt am Eisendrahte, der Strom der Kette hatte dagegen nicht nur fortwährend die dem Metallcontact entsprechende Richtung behalten, sondern auch zugleich eine vielfache Vergröfserung seiner ursprünglichen Stärke erlangt, ein Erfolg, welcher dem Erklärungsprincip der chemischen Theorie schnurstracks entgegenläuft.

Wie wenig indessen auch, nach allen im Vorigen mitgetheilten Erfahrungen, chemische Actionen die nächste unmittelbare Ursache der galvanischen Ströme seyn können, so sind sie doch oft genug die entferntere Ursache von deren Auftreten. Schon früher habe ich in dieser Beziehung auf das eigenthümliche Verhalten der Combination von Eisen und Zinn aufmerksam gemacht, und kürzlich gefunden, dafs in dieser Verbindung das Blei sich dem Zinn gleich verhält. Die fragliche Eigenthümlichkeit besteht darin, dafs die letzteren beiden Metalle, mit Eisen combinirt, in den meisten wäfsrigen Flüssigkeiten Ströme liefern, deren Richtung dem Metallcontact widerspricht. Ich habe diese Erscheinung aus der elektromotorischen Action des überwiegend am Eisen in solchen Flüssigkeiten sich chemisch entbindenden Wasserstoffs auf das Eisen selbst und deren Uebergewicht über die Wirkung des Metallcontacts erklärt, und als Beweise für diese Erklärung angeführt: 1) dafs die anomale Stromrichtung nicht sogleich bei einer gleichzeitigen Einsenkung der fraglichen Metalle in Flüssigkeiten von der bezeichneten Gattung eintritt, dafs derselben

vielmehr stets die normale, wenn auch oft nur von sehr kurzer Dauer, vorangeht, und 2) dafs nur normale Ströme entstehen, wenn man Flüssigkeiten zu dem Versuche anwendet, welche die angegebene chemische Einwirkung auf das Eisen nicht ausüben. Solche Flüssigkeiten sind die Lösungen des chromsauren Kali und der ätzenden und einfach kohlensauren Alkalien. Die Combinationen des Eisens mit Zinn und Blei liefern in denselben nur normale Ströme; senkt man jene aber nachher in gesäuertes Wasser, so sieht man bald eine Umkehrung der Stromrichtung eintreten und dauernd bestehen.

Diese Erfahrungen scheinen mir die aufgestellte Erklärung vollkommen zu rechtfertigen. Da indessen Hr. Schönbein noch kürzlich [1]) eine galvanische Polarisirbarkeit des Goldes, Silbers und Kupfers durch Wasserstoff in Abrede gestellt hat, so glaube ich noch einige Thatsachen hier mittheilen zu müssen, welche dieselbe aufser Zweifel setzen werden. Ich füllte nämlich zwei, durch eine poröse Scheidewand getrennte Zellen mit so schwach schwefelsaurem Wasser, dafs Zink darin nur eine äufserst schwache Zersetzung zu bewirken vermochte, und legte in die eine dieser Zellen ein Körnchen Zink, von welchem nach einiger Zeit ein höchst feiner Strom von sehr zarten Wasserstoffbläschen aufzusteigen begann. Zwei gleichartige Metalldrähte wurden dann zur Prüfung ihrer Homogenität, zuerst beide in die andere Zelle und hernach je ein Draht in eine Zelle eingesenkt, so dafs jetzt der eine derselben von dem aufsteigenden Gasstrome getroffen wurde. Der Erfolg davon, nach hergestellter Verbindung mit dem Multiplicator war in allen Fällen eine Ablenkung der Magnetnadel in einer der negativen Erregung des von dem Wasserstoff berührten Drahts entsprechenden Richtung. Als hierauf die Drähte in umgekehrter Ordnung in die Flüssigkeit eingesenkt wurden, wurde der elektrische Zustand derselben mehr und we-

1) Diese Annalen, Bd. LVI S. 142.

niger rasch umgekehrt; die Ablenkung der Multiplicatornadel entsprach auch jetzt der so eben bezeichneten elektromotorischen Action. Nachdem diese Versuche mit gleichbleibendem Erfolge viele Male mit Drähten von Platin, Gold, Silber, Kupfer, Messing, Argentan, Eisen, Blei, Zinn, Kadmium und Zink wiederholt worden waren, wurde das Zinkstückchen aus der einen Zelle entfernt, und die Flüssigkeit am folgenden Tage wieder durch Platindrähte geprüft; es entstand jedoch keine Spur von Ablenkung der Multiplicatornadel, so dafs mithin die vorher erhaltenen Ablenkungen nicht etwa der (übrigens kaum in Frage kommenden) allmälig eingetretenen sehr geringen Heterogenität der beiden Flüssigkeitsportionen zugeschrieben werden können. Dafs sie aber auch nicht von der Bewegung des Gasstromes hergeleitet werden können, ergiebt sich daraus, dafs auch dann keine Spur von Ablenkung erfolgte, als in die eine Zelle ein Körnchen Kreide gelegt und dem daraus aufsteigenden schwachen Gasstrome ein Platindraht ausgesetzt wurde, während ein zweiter sich in der andern Zelle befand. Man darf sich nicht darüber wundern, dafs auch mit Eisen- und Zinkdrähten überzeugende Resultate erhalten wurden; dieselben waren nämlich sorgfältig polirt, und die Flüssigkeit war, wie schon bemerkt, so schwach gesäuert, dafs während der Dauer des Versuchs kein merklicher Angriff dieser Drähte erfolgen konnte. Bei Drähten von Gold, Silber und Kupfer (auch von Messing und Argentan) betrugen übrigens die Ablenkungen nur wenige Grade. Wenn man dieses berücksichtigt, so wird man es begreiflich finden, dafs Hr. Schönhein mit diesen Metallen gar keine Wirkungen erhielt, da derselbe zu seinen Versuchen reines Wasser anwandte, von welchem die eine Portion blofs mit Wasserstoff geschüttelt worden war. Es konnte daher weder das Leitvermögen der Flüssigkeit, noch die Menge des vorhandenen Wasserstoffs zur Erzeugung der fraglichen Wirkung bei Anwendung der letztgenannten Metalle genügen.

Zusatz.

Nachdem das Vorige im Concept vollendet war, empfing ich (durch die freundliche Güte des Verfassers selbst) Hrn. Buff's neuerlichst veröffentlichte Abhandlung: »Der Zusammenhang der neueren Elektricitätslehre mit der Contacttheorie.« Je mehr diese Arbeit als ein Product gründlichen Nachdenkens mir erschienen ist, desto mehr habe ich die vorurtheilsfreiste Erwägung derselben für meine Pflicht gehalten. Es sey mir daher noch erlaubt, hier einige Bemerkungen über dieselbe niederzulegen.

Hr. Buff ist nicht der Meinung, dafs die beiden Ansichten über den Ursprung der galvanischen Erscheinungen mit einander in einem Gegensatze stehen, und nennt die Anziehung, welche zwei heterogene Metalle bei gegenseitiger Berührung auf einander ausüben, eine chemische. Ich selbst bin zwar der Ansicht, dafs die chemischen Wirkungen nicht aus einer besonderen Naturkraft, der sogenannten Affinität, sondern lediglich aus den allgemeinen molecularen Anziehungen der Körper entspringen; indessen scheint mir doch der Sprachgebrauch jene Bezeichnung der fraglichen Anziehung nicht zu rechtfertigen, indem man Anziehungen zwischen Körpern, welche blofs mechanische Wirkungen zur Folge haben, nicht chemische, sondern adhäsive etc. zu nennen pflegt. Durch Steigerung der Intensität solcher Anziehungen (z. B. durch Erwärmung) lassen sich zwar in vielen Fällen wirkliche chemische Verbindungen der auf einander wirkenden Körperelemente hervorbringen; aber es besteht eben der wesentliche Unterschied zwischen den beiden galvanischen Hypothesen gerade darin, dafs die eine die in den hydrogalvanischen Combinationen etwa vorhandenen selbstständigen chemischen Wirkungen (obgleich dieselben in manchen Combinationen wirklich fehlen) als wesentlich den elektrischen Strom der-

selben erzeugend, die andere dagegen diese Wirkungen als erfolglos für die fragliche Stromerzeugung betrachtet. Selbst in dem Falle, wenn die chemische Theorie die Entstehung des Stromes aus bloſsen Anziehungen, und nur seine Dauer aus den aus diesen entspringenden chemischen Wirkungen herleitet, unterscheidet sie sich von der Contacttheorie wesentlich in Beziehung auf den Ort, an welchem sie den Strom seinen Ursprung nehmen läſst. Für jene ist dieser in den mit zwei heterogenen Metallen gebildeten Ketten immer die Berührungsstelle zwischen dem positiven Metalle und der Flüssigkeit, für die Contacttheorie dagegen die Berührungsstelle zwischen den heterogenen Metallen. Hr. Buff verwirft nun die Wirksamkeit der letzteren Berührung zwar nicht, sucht vielmehr beide Hypothesen durch die Annahme, daſs beide Wirkungen einander unterstützen, mit einander zu vereinigen; immer aber wird dabei die zwischen dem positiven Metalle und der Flüssigkeit stattfindende Action (chemische Anziehung) als das *primum movens* angesehen.

Meine im Vorigen mitgetheilten Erfahrungen stehen jedoch mit dieser Ansicht in so directem Widerspruch, daſs es mir unmöglich ist, derselben beizutreten, und ich vielmehr nur noch inniger als jemals überzeugt worden bin, daſs die erste Entstehungsursache der hydrogalvanischen Ströme einzig und allein in solchen Contactwirkungen zu suchen sey, welche keine chemische Wirkungen zur unmittelbaren Folge haben. Die materielle Wirkung, welche das positive Metall in Folge der Schlieſsung der Kette erleidet, ist, wie ich gezeigt habe, oft eine ganz andere, als die in der offenen Kette zwischen diesem Metalle und der Flüssigkeit stattfindende rein chemische, und kann ohne Schwierigkeit zu einem solchen Uebergewicht über die letztere gesteigert werden, daſs diese ganz aufhört [1]).

1) Meine Ansichten über das innere Wesen der elektrischen Erschei-

Wenn aber hiernach die einfache Kette nichts anderes, als ein mit ungleichartigen Elektroden versehener Zersetzungsapparat ist, so bleibt es vor Allem die Aufgabe der Wissenschaft, für die wunderbare chemisch zersetzende Kraft der elektrischen Ströme eine befriedigende Erklärung zu suchen. Die Vorstellung, welche ich mir hierüber gebildet habe, beruht auf der Idee, daſs den positiveren (basischeren) Bestandatomen der zusammengesetzten Flüssigkeitsatome eine gröſsere Beweglichkeit, als den negativeren (acideren) zukomme. Wenn demnach die elektrische Bewegung bei ihrem Eintritt in eine Flüssigkeit auf deren Atome einen bewegenden Impuls, einen Stoſs, der sie zu trennen vermag, ausübt, so wird das beweglichere Atom (das positivere) diesem vorzugsweise folgen und seinerseits wieder einen gleichen Stoſs auf ein folgendes zusammengesetztes Atom ausüben, das positivere desselben forttreiben und sich mit dem negativeren verbinden. So muſs es fortgehen bis zur negativen Elektrode, wo das positive Bestandatom des letzten in der Reihe liegenden zusammengesetzten Flüssigkeitsatoms frei auftritt, während das negativere Bestandatom des ersten Flüssigkeitsatoms schon an der positiven Elektrode seine Freiheit erlangt hat. Diese Vorstellung scheint durch die bekannte, von v. Grotthuſs beobachtete sehr merkwürdige Erscheinung unterstützt zu werden, daſs, wenn ein kräftiger galvanischer Strom durch eine innerhalb der Spalte einer Glaswand eingeschlossene Strecke von gesäuertem Wasser geleitet wird, diese Strecke sich wie ein fester Leiter verhält, indem an ihrer vorderen Gränze Wasserstoffgas, an der hinte-

nungen schlieſsen zwar die Möglichkeit einer Elektricitätsentwicklung durch chemische Actionen nicht aus; die Thatsachen zwingen mich aber zu der Ueberzeugung, daſs die Elektricität, welche auf diese Weise entstehen mag, wenigstens keiner Fortpflanzung fähig sey, mag sie nun durch den Act der chemischen Verbindung oder sonst wie sogleich wieder vernichtet und so einer Fortbewegung entzogen werden.

ren dagegen Sauerstoffgas entwickelt wird. Hier ist offenbar (wie auch v. Grotthufs annimmt) die Beweglichkeit der Wasseratome innerhalb des engen Raumes fast aufgehoben, und derselbe verhält sich daher wie eine starre Zwischenplatte. Hieraus würde folgen, dafs das Leitvermögen der eingeschlossenen Flüssigkeitsstrecke nicht mehr durch deren Zersetzbarkeit bedingt seyn könne, und daher die Fortleitung des Stromes in derselben auf gleiche Weise, wie in festen Leitern, geschehen müsse.

Es leuchtet von selbst ein, dafs, wenn von der positiven Elektrode ein Stofs auf die ihr anliegenden Flüssigkeitsatome ausgeht, von der negativen umgekehrt ein Zug gegen die dieser anliegenden Atome ausgehend gedacht werden mufs, welcher Zug denn mit jenem Stofse zu einer übereinstimmenden Wirkung sich vereinigen würde. Uebrigens kann nicht ohne Weiteres angenommen werden, dafs beide Elektroden in völlig gleichem Maafse wirksam seyen, da die Wärmeentwicklung, nach vielen bereits vorliegenden Erfahrungen, an der positiven überwiegend zu seyn scheint.

Diese eben dargelegte Vorstellung läfst sich, wie man sieht, nicht mit den von Ampère aufgestellten Ansichten über die atomistische Constitution der Materie vereinigen. Diese Ansichten scheinen aber in der That nicht angenommen werden zu können, da sie mit den Erscheinungen der Elektricitätsleitung innerhalb flüssiger Körper im Widerspruch stehen. Diejenigen zusammengesetzten flüssigen Körper nämlich, welche elektrische Ströme zn leiten vermögen, verlieren diese Fähigkeit durch ihre Erstarrung. Beständen also solche Körper in ihrem flüssigen oder gelösten Zustande aus neben einander schwimmenden Ampère'schen Moleculen (Aggregaten von Atomen), so könnte ein elektrischer Strom nicht durch diese hindurchgehen. Die Trennung der Flüssigkeitsatome in ihre Bestandatome durch elektrische Ströme beweist aber evident, dafs diese das Innerste der flüssi-

gen oder gelösten Materie durchdringen, und daraus folgt, dafs die von Ampère angenommenen Molecule nicht vorhanden seyn können, und dafs man vielmehr eine flüssige Masse als aus neben einander befindlichen einzelnen Atomen (zusammengesetzten oder einfachen) bestehend ansehen müsse. Genau genommen scheinen mir auch diejenigen Anziehungen zwischen den Theilchen heterogener Körper, welche chemische Wirkungen zur Folge haben, nicht wohl mit Ampère's Ansichten vereinigt werden zu können [1]).

Wenn übrigens auch durch das Vorgetragene der Vorgang der Elektricitätsleitung innerhalb flüssiger Leiter einige Aufklärung erhalten sollte, so bleibt doch das allgemeine Verhalten der Körper in Beziehung zur Elektricitätsleitung noch in grofse Dunkelheit gehüllt. Es handelt sich noch immer um eine Erklärung der Schwächung, welche jede elektrische Bewegung innerhalb eines jeden Leiters erleidet, d. h. um eine Erklärung des sogenannten Leitungswiderstandes. Es wird mir immer wahrscheinlicher, dafs dieser Widerstand eine Absorptionserscheinung sey; denn man kann sagen, dafs das, was bei der Leitung an elektrischer Bewegung verloren geht, als eine andere Art von Bewegung (als Wärme, Licht, Magnetismus, Chemismus etc.) wieder zum Vorschein kommt. Jede von diesen besonderen Bewegungsarten kann demnach als ein relatives Maafs für verschiedene elektrische Bewegungen benutzt werden, aber ein absolutes Maafs für die ganze Summe von Bewegung, welche innerhalb eines von einem elektrischen Strome durchflossenen Leiters vorhanden ist, erhält man dadurch nicht. Wenn diese Ansichten Grund haben sollten, so würde das elektrische Leitvermögen der Körper von der Geschwindigkeit der Elektricitätsbewegung innerhalb derselben unab-

1) Ob überhaupt unseren heutigen Vorstellungen von den Körperatomen absolute objective Wahrheit zukomme, vermögen wir nicht zu beurtheilen. Sollte dieses aber auch nicht der Fall seyn, so scheint es doch gewifs zu seyn, dafs diese Vorstellungen in der Hauptsache als Repräsentanten der Wahrheit betrachtet und benutzt werden können.

hängig seyn müssen, und es könnte demnach ein Körper ein besserer Elektricitätsleiter als ein anderer, und demnach die Geschwindigkeit der Elektricitätsbewegung in dem letzteren die gröſsere seyn, wie z. B. die Schallgeschwindigkeit im Weidenholze gröſser, als im Kupfer ist, während höchst wahrscheinlich die Schwächung des Schalles innerhalb des ersteren die gröſsere seyn wird. Gewiſs ist daher die experimentelle Ermittlung der Elektricitätsgeschwindigkeit in verschiedenen Körpern im höchsten Grade wünschenswerth. Nicht minder würde es aber auch die Ermittlung des Leitvermögens der Körper für den Schall seyn, worüber wir ebenfalls noch gar keine Erfahrungen besitzen.

III. *Versuche über die gebundene Elektricität; von K. W. Knochenhauer.*

Zweiter Artikel [1]).

VIII. *Die Stärke des Nebenstroms, der bei der Entladung der Batterie inducirt wird.* Einige Zeit später, als ich das Gesetz über die Quantität der gebundenen Elektricität (Annal. Bd. LVIII S. 38) aufgefunden hatte, wurde meine Aufmerksamkeit zufällig auf die von Rieſs (Annal. Bd. L S. 7) mitgetheilte Beobachtungsreihe gerichtet, in der er die Stärke des Nebenstroms bei wechselnder Entfernung vom Hauptstrome angiebt. Die von ihm abgeleitete Formel zur Berechnung derselben ist augenscheinlich unzureichend; somit ward ich versucht, meine Formel auch hier in Anwendung zu bringen, was mir um desto eher gerechtfertigt erschien, als die Natur dieses Nebenstroms, selbst nach den vielen schönen Untersuchungen von Rieſs, noch ziemlich räthselhaft bleibt, und jeder weitere Aufschluſs demnach nur wünschenswerth seyn kann. Die Verhältnisse, unter denen Rieſs seine Beobachtung anstellte, waren folgende:

1) Der erste findet sich in diesem Bande, S. 38 und 211.

Zwei Kupferdrähte von 0,55 Par. Linien Durchmesser waren in einer Länge von 10′ 6″ parallel neben einander über Glasstäbe ausgespannt, und konnten in verschiedene Entfernungen von einander gestellt werden, der eine war durch zwei 6′ lange Kupferdrähte mit der Innen- und Aufsenseite der Batterie verbunden, der andere wurde durch eben solche Drähte mittelst des Luftthermometers geschlossen. Je nachdem nun die Batterie von 3, 4 oder 5 Flaschen (s) mit einer bestimmten, durch die Lane'sche Flasche angegebenen Quantität (q) positiver Elektricität geladen war, wurde sie durch den Hauptdraht entladen und die Stärke des Nebenstroms in verschiedenen, von Mitte zu Mitte der parallelen Drähte gemessenen, Entfernungen am Luftthermometer beobachtet. Reducirt man diese Entfernungen durch Subtraction von 0‴,55 auf den Abstand der Drähte im Lichten, setzt als Einheit des Maafses 3‴ fest und giebt die Erwärmungen Θ, nach Riefs's Vorgang, auf $q=1$ und $s=1$ zurückgeführt, an, so bekommt man folgende Tabelle:

n.	Θ beobachtet.	Θ berechnet.	Differenz.
$\frac{2,16}{3}$	0,216	0,219	+0,003
$\frac{6,23}{3}$	0,145	0,143	−0,002
[$\frac{10,69}{3}$	0,119	0,104	−0,015]
$\frac{15,46}{3}$	0,081	0,079	−0,002
$\frac{19,06}{3}$	0,066	0,066	0,000
$\frac{23,32}{3}$	0,054	0,055	+0,001

$\log A = 0,6031086-1$ ($A=0,401$), $\log a = 0,6899882-1$.

Die erste Columne enthält die Entfernungen der Drähte n (3‴ als Einheit des Maafses), die zweite giebt die beobachteten reducirten Erwärmungen Θ im Luftther-

thermometer, die dritte stellt die, mit Ausschluſs der dritten Reihe, nach der Formel

$$\Theta = A a^{\sqrt{n}}$$

ausgeführte Berechnung dar, und in der vierten endlich findet man die unbeträchtlichen Differenzen angegeben. Muſste bei der Berechnung gleich die dritte Beobachtungsreihe fortgelassen werden, in der ich irgend welchen Fehler vermuthe, so rieth die so treffende Uebereinstimmung der übrigen weitere Versuche anzustellen, und dieſs noch um so mehr, als der gefundene $\log a$ mit dem früher gegebenen $\log b = 0{,}8496434 - 1$ so ganz nahe übereinstimmt, sofern man $a = b^2$ setzt; denn $\log \sqrt{a}$ ist $= 0{,}8449941 - 1$. Nach meinen schon ausgesprochenen Ansichten haben wir aber überall im Entladungsdrahte den positiven und negativen Strom zugleich; wenn demnach nach den Versuchen mit der Coulomb'schen Drehwage der positive auf einem ihm in einem Abstand von n Viertelzollen nahe gestellten Leiter einen negativen Strom $= C b^{\sqrt{n}}$ erregt, worin C eine vor der vorhandenen ursprünglichen Elektricität abhängige Constante ist, so erregt auch der negative Strom auf demselben Leiter einen positiven $= C b^{\sqrt{n}}$, und beide zusammen bedingen die Erwärmung

$$\Theta = C^2 b^{2\sqrt{n}}$$

wofür ich oben der Einfachheit wegen

$$\Theta = A a^{\sqrt{n}}$$

gesetzt habe, so daſs $A = C^2$ und $a = b^2$ ist. — Meine eigenen Versuche haben nicht nur diese Ansicht bestätigt, sondern sie geben auch noch andere ganz unerwartete Aufschlüsse, die, wie ich wenigstens glaube, die Unzulänglichkeit der bisherigen theoretischen Ansichten über die statische Elektricität bis zur vollkommenen Evidenz darthun.

Zu meinen Versuchen stellte ich an die Enden ei-

nes langen Tisches zwei Gestelle auf, die jedes eine sehr starke, über einen Fufs lange massive Glassäule trugen; über dieselben wurde ein Draht an seidenen Schnüren mittelst eines Wirtels, und in einigen Fällen noch durch ein darangehängtes $\frac{1}{4}$ Centner Gewicht straff ausgespannt, und daneben ein zweiter, der nur durch hinreichende Gewichte an seidenen Schnüren gespannt blieb und somit jede beliebige Einstellung gestattete. Die beiden Drähte befanden sich 13 Zoll (Par. Maafs wie überall) über dem Tische und liefen auf 12′ 3″ neben einander her. Längs der Seiten desselben Tisches standen mehrere Glassäulen als Träger, die im Durchschnitt um 1′ von den angespannten Drähten entfernt blieben; über diese liefen zwei andere Drähte, die an dem einen Gestelle mittelst starker, in Glasröhren eingeschlossener Kupferdrähte mit den mittleren durch Umwindung von dünnem Kupferdrahte verbunden werden konnten. Von den beiden freien Enden des Hauptdrahtes stand das eine mit der Aufsenseite der Batterie, das andere, unterbrochen durch einen Henley'schen Auslader, mit der Innenseite in Verbindung. Die Batterie selbst bestand aus den vier schon früher beschriebenen Flaschen, welche auch diefsmal auf kleinen Glasstühlchen standen, um die Lane'sche Flasche anbringen zu können. Nachher jedoch, als ich wahrnahm, dafs diese bei der grofsen Ausdehnung des Drahts, welcher mit der Aufsenseite der Batterie in Verbindung stand, keine ganz sicheren Angaben lieferte (denn bei der dritten Beobachtungsreihe fiel die Zahl der Lane'schen Schläge plötzlich, ohne einen auffindbaren Grund, auf 10 niedriger), liefs ich sie unberücksichtigt und entfernte sie späterhin gänzlich. Der die Hauptschliefsung unterbrechende Henley'sche Auslader liefs eine beliebige Entfernung der gut isolirten Kugeln zu, und diese konnten durch zwei Zug- nebst zwei Gegenschrauben durchaus unverrückbar festgestellt werden, so dafs die Entladung der Batterie ganz regelmäfsig erfolgte. Bei allen Versuchen, mit Ausnahme des

vorletzten, standen die Kugeln um nahe $3\frac{1}{4}'''$ von einander entfernt. — die beiden freien Enden der Nebenschliefsung wurden durch ein Luftthermometer geschlossen. Da mir ein nach Riefs's Angaben verfertigtes zufällig zerbrochen war, so nahm ich eine gut calibrirte dünnere gläserne Röhre, die an dem einen Ende ein mit ihr im gleichen Niveau stehendes Gefäfs trug, und am andern nach oben gebogen sich trichterförmig erweiterte. Diese Erweiterung ging durch ein Brett, worin eine ringförmige Vertiefung zu etwa $\frac{3}{4}$ Zoll eingeschnitten war, und zugleich führte dahin von der entgegengesetzten Seite eine rechtwinklich, an beiden Enden nach aufwärts gebogene Glasröhre. Beide Theile wurden zunächst durch eingegossene Harzmasse luftdicht verfestigt. Darauf kittete ich einen starken Draht, oben mit einer Klemmschraube versehen, in die gebogene Glasröhre ein. Ferner erhielt ein weiter, ziemlich hoher Glascylinder oben eine Messingfassung mit angeschraubter Deckplatte, durch welche isolirt ein anderer, gleichfalls mit einer Klemmschraube versehener Draht ging. Nachdem ich nun in die Klemmschrauben einen spiralförmig gewundenen, an Blättchen gelötheten Platindraht gut eingesetzt hatte, wurde der Cylinder durch eine Seitenfassung von Holz in die ringförmige Vertiefung gesetzt und der ganze Zwischenraum mit Harzmasse ausgegossen. Zur weiteren Verbindung mit den Drähten kam Quecksilber in die Glasröhren. Da die obere Deckplatte anfänglich nicht ganz luftdicht schlofs, so konnte ich wahrnehmen, wie ein solcher Mangel auf die Empfindlichkeit des Instruments den nachtheiligsten Einflufs übt; erst nachdem ich alle Fugen stark mit heifsem Kitt verstrichen hatte und die Erwärmung des Cylinders mit der Hand die Flüssigkeit in der Röhre nicht nur zurückdrängte, sondern auch dauernd zurückhielt, erachtete ich das Instrument für tauglich zu den Beobachtungen, und habe es dann auch durchaus bewährt gefunden. Leider kann ich bei der

getroffenen Einrichtung die Länge und Stärke des Platindrahts nicht genau angeben; er mag übrigens etwa 2′ lang seyn und ist von mittlerer Feinheit. Für die folgenden Angaben sind übrigens diese Werthe gleichgültig; denn das Instrument blieb unausgesetzt in gleicher Lage, etwa $3\frac{1}{2}°$ gegen den Horizont geneigt. — Zur ersten Beobachtungsreihe verband ich in der Haupt- und Nebenschliefsung zwei Paar Messingdrähte mit einander, von denen die stärkeren 0‴,56, die schwächeren 0‴,35 Durchmesser hatten; die nöthigen Verbindungsdrähte waren, wie erwähnt, aus Kupfer. Als die beiden stärkeren Drähte neben einander standen und die schwächeren als Seitendrähte dienten, ergaben sich folgende Erwärmungen in Skalentheilen von 1‴ Länge. Bei einem Abstande der Drähte von $4d$ zu je 3‴, $\Theta = 2\frac{7}{8}, 2\frac{7}{8}, 2\frac{3}{4}; 2\frac{3}{4}, 2\frac{5}{8}, 2\frac{3}{4}, 2\frac{5}{8}$; bei $9d$, $\Theta = 1\frac{1}{8}, 1\frac{1}{8}, 1\frac{1}{8}, 1, 1\frac{1}{8}, 1, 1\frac{1}{8}, 1$; bei $1d$, $\Theta = 6\frac{3}{4}, 6\frac{1}{2}, 6\frac{3}{4}, 6\frac{3}{8}, 6\frac{3}{4}, 6\frac{3}{4}, 6\frac{5}{8}, 6\frac{3}{4} - 6\frac{1}{2}, 6\frac{3}{4}; 6\frac{5}{8}, 6\frac{7}{8}, 6\frac{7}{8}, 6\frac{3}{4}, 6\frac{7}{8}, 6\frac{7}{8}$; bei $2d$, $\Theta = 4\frac{1}{2}, 4\frac{3}{8}, 4\frac{5}{8}, 4\frac{1}{2}, 4\frac{1}{2}, 4\frac{1}{2}, 4\frac{1}{2}, 4\frac{5}{8}$; bei $9d$, $\Theta = 1, 1\frac{1}{8}, 1\frac{1}{8}, 1\frac{1}{8}, 1\frac{1}{8}, 1\frac{1}{8}, 1, 1\frac{1}{8}$; bei $4d$, $\Theta = 2\frac{1}{2}, 2\frac{5}{8}, 2\frac{3}{4}, 2\frac{3}{4}, 2\frac{3}{4}, 2\frac{7}{8}, 2\frac{3}{4}$; bei $6d$, $\Theta = 1\frac{3}{4}, 1\frac{3}{4}, 1\frac{7}{8}, 1\frac{3}{4}, 1\frac{3}{4}, 1\frac{3}{4}, 1\frac{3}{4}, 1\frac{3}{4}$. Diefs giebt:

No. 1.

n.	Θ beobacht.	Θ berechn.	Differenz.
1	6,687	6,658	−0,029
2	4,516	4,571	+0,055
4	2,734	2,686	−0,048
6	1,765	1,786	+0,021
9	1,086	1,084	−0,002

$\log A = 1{,}2176158$ ($A = 16{,}505$), $\log a = 0{,}6057540 - 1$.

Die Berechnung ist nach der angegebenen Formel $\Theta = A a^{\sqrt{n}}$ angestellt. Wie man ersieht, bewährt sie ihre Gültigkeit, und schon die einzelnen Beobachtungen liefern eine grofse Uebereinstimmung unter sich selbst. Ja, als ich mich noch im Ablesen der Erwärmungen mehr

geübt hatte, wurden die Differenzen zwischen den einzelnen Angaben in der Regel ganz unbedeutend, so dafs ich glaube sie nicht weiter angeben zu dürfen, da die Mittelzahlen genügen. Im Allgemeinen bemerkte ich jedoch, dafs eine gröfsere Wärme im Zimmer die Angaben des Thermometers steigerte, wofür der wahrscheinlichste Grund sich später herausstellen wird. Um diesem nachtheiligen Einflusse entgegenzuarbeiten, unterhielt ich das Feuer im Ofen (besonders bei den späteren Beobachtungsreihen) nur bis gegen den Anfang der Versuchsreihe, machte dann die Beobachtungen vorwärts und rückwärts erst acht, später fünf bei jedem Stande, und stellte die Mittel zur Controle einzeln heraus. Durch dieses doppelte Einstellen wurden zugleich kleine Irrungen im Messen der Distanzen ausgeglichen; dasselbe geschah mittelst eines Tastzirkels, und gab nur bei den stärkeren Kupferdrähten einige Unannehmlichkeit, da diese, trotz der stark anziehenden Gewichte, doch nicht in einer absolut geraden Linie verliefen. Wären diese kleinen Störungen nicht vorhanden, und könnte man auf der Skale noch kleinere Theile als $\frac{1}{8}$ Linie mit Sicherheit ablesen, so würden hier die Beobachtungen unglaublich exacte Resultate liefern können. — Bei dieser Reihe war mir der geringere Werth von $\log a$ auffallend, der, wenn er auch etwas ungenau seyn sollte, doch niemals mit dem von Riefs erhaltenen verglichen werden kann. Um diesen Umstand strenger zu prüfen, wurde die Nebenschliefsung umgelegt, der dünnere Draht wurde ausgespannt, der dickere bildete die Seitenschliefsung. Kein Verbindungstheil wurde dabei gelöst, mit Ausnahme am Thermometer, wo der Quecksilberschlufs sich ohnediefs gleich blieb. Es ergab sich jetzt:

No. 2.

n.	Θ beobachtet.	beob. Mittel.	Θ berechnet.	Differenz.
1	6,391—6,453	6,422	6,312	—0,110
2	4,344	4,344	4,320	—0,024
4	2,453—2,469	2,461	2,527	+0,066
6	1,625	1,625	1,675	+0,050
9	1,047	1,047	1,012	—0,035

$\log A = 1{,}1976607\ (A = 15{,}764)$, $\log a = 0{,}6024985 - 1$.

Das Zimmer war etwas kühler geworden, daher die geringeren Erwärmungen, aber $\log a$ behält seinen vorigen Werth. Da der sichere Aufschlufs noch fehlte, legte ich die Hauptschliefsung an einem anderen Tage ebenfalls um, wodurch die beiden dünneren Drähte parallel mit einander gespannt waren. Die Beobachtung ergab nun:

No. 3.

n.	Θ beobachtet.	beob. Mittel.	Θ berechnet.	Differenz.
1	5,844—5,984	5,914	5,863	—0,051
2	3,817—3,719	3,768	3,797	+0,029
3	2,688—2,672	2,680	2,721	+0,041
4	2,084	2,084	2,054	—0,030

$\log A = 1{,}2235886\ (A = 16{,}734)$, $\log a = 0{,}5445475 - 1$.

Die Beobachtung stimmt gut mit der Formel, aber $\log a$ ist noch geringer geworden, obschon durch die gleich gebliebene Hauptschliefsung ein und derselbe elektrische Strom hindurchging. Da es mir unmöglich schien, dafs die Differenzen aus der Rechnung oder aus der mangelhaften Beobachtung hervorgehen sollten, denn die Gränzen des möglichen Irrthums mufsten viel enger seyn als von 0,5445475 — 1 bis zu 0,6024985 — 1, so suchte ich, namentlich mit Rücksicht auf die von Riefs gegebene Beobachtungsreihe, den Thatbestand ganz einfach dadurch zur Entscheidung zu bringen, dafs ich Kupferdraht anwandte, der eine bessere Leitung gab. Leider konnte ich mir hier am Orte keinen stärkeren Draht als

von 0‴,50 Durchmesser in hinreichender Länge verschaffen; indem ich also diesen anwandte, zog ich die Seitendrähte doppelt ein, und kürzte den zur Aufsenseite der Batterie gehenden noch so viel als nur möglich ab. Die Beobachtungen lieferten mir jetzt folgende Tabelle:

No: 4.

n.	Θ beobachtet.	beob. Mitt.	Θ berechn.	Differenz.
1	13,575—13,475	13,525	13,825	+0,300
2	10,000—10,075	10,037	9,968	—0,069
4	6,350— 6,350	6,350	6,276	—0,074
6	4,625— 4,525	4,575	4,401	—0,174
9	2,750	2,750	2,849	+0,099

$\log A = 1{,}4836553\ (A = 30{,}455)$, $\log a = 0{,}6570211 - 1$.

Die erste etwas bedeutendere Differenz hängt sicher mit der schon erwähnten Steifigkeit der Drähte zusammen,ist jedoch immer noch zu klein, als dafs nicht aus dem bedeutend gröfseren Werthe von $\log a$ die Veränderlichkeit dieser Gröfse, und zwar als einer mit der besseren Leitungsfähigkeit der Hauptschliefsung wachsenden folgen sollte; denn Riefs, der noch stärkere Drähte gebrauchte, erhielt einen noch höheren Werth. Nachdem mir somit die vorliegenden Verhältnisse im Allgemeinen vor Augen lagen, suchte ich weiter folgende Fragen zu entscheiden: 1) ob die Veränderlichkeit von a wirklich von der verzögerten Entladung oder vielleicht nur von dem Stoff des erregenden Drahts abhängig ist, und 2) ob bei gleichbleibender Schliefsung die Stärke des Drahts einen Einflufs ausübt. Es blieben demnach die Drähte in Haupt- und Nebenschliefsung ungeändert, nur wurde in erstere ein Eisendraht von 85″ 1‴ Länge und 0‴,12 Durchmesser so eingeschaltet, dafs er seitwärts isolirt abstehend auf die parallelen Drähte keinen Einflufs ausüben konnte. Es fand sich:

No. 5.

n.	Θ beobachtet.	beob. Mittel.	Θ berechnet.	Differenz.
1	4,084—4,250	4,167	4,155	—0,012
2	2,824—2,844	2,834	2,817	—0,017
3	2,021—2,063	2,042	2,091	+0,049
4	1,646—1,656	1,651	1,627	—0,024

$\log A = 1{,}0258456 \, (A = 10{,}613)$, $\log a = 0{,}5927024 - 1$.

Also fällt $\log a$. Eine sich gleich bleibende Hauptschliefsung mit ungleich erregenden Drähten ward ferner dadurch hergestellt, dafs ein Eisendraht von 0''',27 Durchmesser von der richtigen Länge zum Einspannen genommen wurde, und einmal, wenn der Kupferdraht der erregende Theil war, der Eisendraht, und, wenn dieser erregte, der andere in die Hauptschliefsung eingeschaltet wurde. Die beiden nachstehenden Tabellen geben die Resultate:

No. 6 Kupferdraht als Erreger.

n.	Θ beobachtet.	beob. Mittel.	Θ berechnet.	Differenz.
1	4,825—4,475	4,650	4,641	—0,009
2	3,175—3,125	3,150	3,142	—0,008
3	2,325—2,275	2,300	2,330	+0,030
4	1,825	1,825	1,810	—0,015

$\log A = 1{,}0755311 \, (A = 11{,}900)$, $\log a = 0{,}5910736 - 1$.

No. 7. Eisendraht als Erreger.

n.	Θ beobachtet.	beob. Mittel.	Θ berechnet.	Differenz.
1	5,025—4,525	4,775	4,763	—0,012
2	3,175—3,075	3,125	3,150	+0,025
3	2,400—2,225	2,312	2,293	—0,019
4	1,750	1,750	1,755	+0,005

$\log A = 1{,}1115976 \, (A = 12{,}930)$, $\log a = 0{,}5663050 - 1$.

Somit hat die Stärke des erregenden Drahts ihren bestimmten Einflufs. Nach diesen Beobachtungen änderte ich die Nebenschliefsung ab, und behielt in der Hauptschliefsung durchgehends den Kupferdraht. Zunächst

wurde zur Controle der folgenden Beobachtungen der Kupferdraht allein in die Nebenschliefsung gebracht. Diefs gab:

No. 8.

n.	Θ beobachtet.	beob. Mittel.	Θ berechnet.	Differenz.
1	13,925—14,400	14,162	14,350	+0,188
2	10,050—10,375	10,212	10,239	+0,017
4	6,375— 6,475	6,425	6,353	—0,072
6	4,600— 4,450	4,525	4,404	—0,121
9	2,750	2,750	2,812	+0,062

$log\, A = 1,5107729$ ($A = 32,417$), $log\, a = 0,6460957 - 1$.

Als darauf in die Nebenschliefsung statt des Kupferdrahts der obige Eisendraht von 0‴,27 Durchmesser eingespannt war, fand sich:

No. 9.

n.	Θ beobachtet.	beob. Mittel.	Θ berechnet.	Differenz.
1	8,650—8,050	8,350	8,300	—0,050
2	5,525—5,475	5,500	5,581	+0,081
4	3,250—3,075	3,162	3,183	+0,023
6	2,200—2,075	2,137	2,069	—0,068
9	1,200	1,200	1,221	+0,021

$log\, A = 1,3353194$ ($A = 21,643$), $log\, a = 0,5837664 - 1$.

Also auch hier bei schlechterer Leitung ein geringerer Werth von $log\, a$. Um dasselbe in abgeänderter Weise zu erhalten, wurde wieder der Kupferdraht eingespannt, und der dünne Eisendraht von 83″ 1‴ Länge in die Seitenbahn eingeschaltet. Diese Abänderung lieferte:

No. 10.

n.	Θ beobachtet.	beob. Mittel.	Θ berechnet.	Differenz.
1	6,500—6,375	6,438	6,474	+0,036
2	4,400—4,375	4,387	4,318	—0,069
4	2,450—2,475	2,462	2,435	—0,027
6	1,500—1,500	1,500	1,568	+0,068
9	0,938	0,938	0,916	—0,022

$log\, A = 1,2358619$ ($A = 17,213$), $log\, a = 0,5733806 - 1$.

Jetzt blieb nur noch übrig das Thermometer selbst zu prüfen, um sicher zu seyn, dafs die gröfseren und geringeren Angaben desselben, wie bisher geschehen, wirklich mit einander in Vergleichung gebracht werden dürfen. Demnach wurden die Kupferdrähte in die Haupt- und Nebenschliefsung eingebracht, und die beiden Kugeln des Henley'schen Ausladers, die bisher unverrückt geblieben waren, kamen bis auf ungefähr $2\frac{1}{2}$ Linie einander nahe. Dieser Versuch ergab:

No. 11.

n.	Θ beobachtet.	beob. Mittel.	Θ berechnet.	Differenz.
1	8,225—8,300	8,262	8,369	+0,107
2	6,125—6,125	6,125	6,060	—0,065
4	3,875—3,875	3,875	3,838	—0,040
6	2,700—2,700	2,700	2,704	+0,004
9	1,750	1,750	1,760	+0,010

$\log A = 1{,}2611782\ (A = 18{,}246)$, $\log a = 0{,}6614830 - 1$.

Der Werth von *log a* hat sich nach dieser Beobachtung sogar noch etwas gehoben, was ich der verminderten Luftschicht zwischen den Kugeln des Henley'schen Ausladers, und damit der geringeren Verzögerung des Stroms zuschreiben möchte; aus einem ähnlichen Grunde scheint auch die gröfsere Wärme des Zimmers die Erregung des Nebenstroms zu steigern. Der Unterschied ist jedoch viel zu gering, um nicht diese Beobachtung mit den beiden früheren, ihr gleichen, zusammenzustellen. — Endlich nun zur völligen Evidenz der vorliegenden Thatsachen den *log a* recht niedrig zu stellen, substituirte ich unmittelbar hinterher in die Hauptschliefsung als Erreger einen Kupferdraht von 0''',25 Durchmesser, der die Entladung nicht bedeutend schwächt, aber bei kleinerem Durchmesser weniger anregt; dazu nahm ich als erregten Draht in die Nebenschliefsung den Eisendraht von 0''',27 Stärke. Da die Temperatur des Zim-

mers beständig war, so machte ich nur einfache Beobachtungen, an jeder Stelle fünf. Hieraus folgte:

No. 12.

n.	Θ beobachtet.	Θ berechnet.	Differenz.
1	5,950	6,008	+0,058
2	3,825	3,805	—0,020
3	2,700	2,680	—0,020
4	1,950	1,994	+0,044
5	1,562	1,537	—0,025
6	1,240	1,215	—0,025
9	0,650	0,662	+0,012

$log\,A = 1{,}2578158\,(A = 18{,}106)$, $log\,a = 0{,}5209488 - 1$.

Wie ich erwartet hatte, fiel *log a* auf den niedrigsten Werth, den ich bisher erhalten hatte.

Stellen wir jetzt die Beobachtungen zusammen und bezeichnen mit *M*, *K*, *E* mit beigefügtem Durchmesser die angewandten Drähte aus Messing, Kupfer, Eisen, mit 2*K* die doppelten Seitendrähte, endlich mit † die Einschaltung eines neuen Drahts, so bekommen wir die folgende Uebersicht:

No.	Nebenschliefsung.		Hauptschliefsung.		log n.	
	Seitendraht.	Erregter Draht.	Erregender Draht.	Seitendraht		
1	M (0,35)	M (0,56)	M (0,56)	M (0,35)	0,6037504—1	
2	M (0,56)	M (0,35)	-	-	0,6024985—1	
3	-	-	M (0,35)	M (0,56)	0,5445475—1	
4	2 K	K (0,50)	K (0,50)	2 K	0,6570211—1	}
8	-	-	-	-	0,6460957—1	}
11	-	-	-	-	0,6614830—1	}
					0,6548666—1	Mittel
5	-	-	K (0,50)	2 K + E (0,12)	0,5927024—1	
6	-	-	K (0,50)	2 K + E (0,27)	0,5910736—1	
7	-	-	E (0,27)	2 K + K (0,50)	0,5663050—1	
9	2 K	E (0,27)	K (0,50)	2 K	0,5837664—1	
10	2 K + E (0,12)	K (0,50)	-	-	0,5753306—1	
12	2 K	E (0,27)	K (0,25)	2 K	0,5209488—1	

Hieraus ergeben sich die Resultate:

1) Die Erwärmung im Nebendraht steht unter der Formel $\Theta = A a^{\sqrt{n}}$.
2) Der Bindeexponent $a = b^2$ ist eine variable Gröfse, deren Maximum nicht über den Exponenten bei unbewegter Elektricität hinausgeht.
3) Der Bindeexponent wird durch die Hauptschliefsung vermindert, einmal wenn bei gleichbleibender Schliefsung aus zwei Drähten der schwächere als Erreger dient, zweitens wenn der Leitungswiderstand überhaupt gesteigert wird.
4) Eben so wird der Bindeexponent durch die Nebenschliefsung verringert, wenn der Leitungswiderstand in ihr wächst; ob ein schwächerer Draht als erregter Theil einen Einflufs übt, tritt nicht bestimmt hervor.

Diese Resultate, gegen deren Gültigkeit nichts einzuwenden seyn möchte, stehen mit den bisherigen Ansichten über die statische Elektricität im Widerspruch, da sie nicht mehr gestatten, die Wirkungen dieser Elektricität allein von der Quantität und Intensität abhängig zu setzen, vielmehr zeigt sich die Natur der Elektricität in ihrer Wirkung nach aufsen verändert, je nachdem sie durch eine geringere oder gröfsere Drahtlänge gegangen ist. Wo wir solche specifische Unterschiede in den Naturkräften wahrnehmen, wie beim Lichte und der Wärme, setzen wir, nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse, ihre Wirkungsweise in Undulationen, und demnach möchte sich hier die erste sichere Veranlassung darbieten, diese Betrachtungsweise ebenfalls auf die Elektricität zu übertragen, so wenig wir auch immerhin bis jetzt von der Art dieser Schwingungen wissen. Nach meiner Vermuthung übt die statische Elektricität in der Ruhe auf dem Aether eine gewisse Spannung aus, die sich in der gebundenen Elektricität auf einem nahe gebrachten Leiter kund giebt; wird dagegen die Elektricität in Be-

wegung gesetzt und geht sie durch die gemeinsame ineinandergreifende Wirkung des positiven und negativen Stroms in Schwingungen über, so verpflanzen sich diese gleichfalls auf den Aether und theilen sich einem genäherten Leiter mit. Diese Mittheilung wird durch verringerte Oberfläche des erregenden Drahtes verringert, und eben so verliert die Elektricität an bewegender Kraft nach aufsen, je mehr sie durch Leiter hindurchgeht und damit in die Natur des galvanischen Stroms umschlägt, dem wieder die magnetische Vertheilung als Seitenwirkung zusteht. Ist ferner die Nebenschliefsung wegen schlechter Leitungsfähigkeit nicht in den Zustand einer ganz accordirenden Schwingung zu versetzen, so modificirt sich dadurch auch die Schwingung der Hauptleitung, und ihre Kraft wird, wie auch Riefs auf andere Weise darthat, vermindert.

IX. *Ueber die Constante in der Intensität des Nebenstroms.* Nach der obigen Formel $\Theta = Aa^{\sqrt{n}}$ mufs $\Theta = A$ werden, wenn die beiden gespannten Drähte in einer Entfernung = Null neben einander hergehen; diese Constante richtet sich zwar nach der Ladung der Batterie und nach der Länge der Haupt- und Nebenschliefsung, aber das Thermometer mufs doch bei jeder einzelnen Beobachtungsreihe den oben berechneten Werth von A darbieten. Da für die Richtigkeit der aufgestellten Formel ein durch Beobachtung unmittelbar gegebenes A einen neuen Beweis liefern würde, so sann ich lange darüber nach, wie man der Bedingung einer unendlichen Nähe der beiden Drähte nachkommen könnte; sie auf mefsbare Entfernung nahe zu bringen, mufste, wegen der Schwierigkeit einer ganz sicheren Messung und der damit zusammenhängenden Unsicherheit in der Berechnung verworfen werden. Beide Drähte neben einander zu isoliren, blieb eben so mifslich, da ein Uebergang der Elektricität von einem Draht in den andern, doch leicht stattfinden konnte. Von den gewöhnlichen Ansichten aus-

gehend, müfste eine unmittelbare Berührung beider Drähte die ganzen Verhältnisse ändern, da sich jetzt der Strom theilen würde, sowohl durch die gespannten Drähte als durch das Thermometer hindurchgehend. Indefs ich wollte es versuchen, that es nach der zweiten Beobachtungsreihe, und unerwarteter Weise zeigte es sich, dafs die gewöhnlichen Ansichten, vom Galvanismus übertragen, bei der statischen Elektricität auch hier keine Anwendung finden. Zwar stimmen die Beobachtungen mit den Berechnungen niemals genau überein, ja sie differiren bisweilen sehr stark, aber die Gründe hierzu liegen auch sogleich vor Augen. Ich will zuerst die Beobachtungen (Mittel aus zehn einzelnen, doch mehr als sonst von einander abweichenden Notirungen [1])) und die Berechnungen zusammenstellen; dabei werde ich die gespannten Drähte wie oben bezeichnen, und durch ein beigesetztes † ein wesentliches Hindernifs in der Seitenbahn durch eingeschalteten Eisendraht andeuten.

No.	Erregter Draht.	Erregender Draht.	Δ beobachtet.	Δ berechn.
2	*M* (0,35)	*M* (0,56)	17,775	15,764
3	*M* (0,35)	*M* (0,85)	19,463	16,734
4	*K* (0,50)	*K* (0,50)	29,425	30,455
5	*K* (0,50)	*K* (0,50) †	11,635	10,613
6	*K* (0,50)	*K* (0,50) †	12,600	11,900
7	*K* (0,50)	*E* (0,27)	22,000	12,930
8	*K* (0,50)	*K* (0,50)	33,475	32,417
9	*E* (0,27)	*K* (0,50)	31,487	21,643
10	† *K* (0,50)	*K* (0,50)	15,512	17,213
11	*K* (0,50)	*K* (0,50)	16,750	18,246
12	*E* (0,27)	*K* (0,25)	24,300	18,106

Nehmen wir zuerst die Fälle, worin die Kupferdrähte neben einander gespannt waren, also No. 4, 5, 6, 8, 10, 11, so stimmen die Beobachtungen mit den Berechnungen ziemlich gut überein, und die kleinen Dif-

1) Bei No. 2 fand die Beobachtung erst am Tage nach der übrigen Beobachtungsreihe statt.

ferenzen erklären sich theils aus dem später beizubringenden Grunde, theils auch dadurch, daſs die beiden Drähte nicht ganz genau neben einander herliefen, sondern an einzelnen Stellen etwas auswichen; in dieser letzteren Beziehung thut es mir jetzt leid, daſs ich die äuſsersten Enden beider Drähte nicht umwunden habe, wodurch sicher die Beobachtungen durchweg die berechneten Zahlen um etwas übertroffen haben würden. Ein ähnliches Verhältniſs ist bei No. 2 und 3, wo die Drähte genauer standen. Wenn dagegen Eisen- und Kupferdrähte an einander kommen, so sind die Beobachtungen um ein Bedeutendes zu groſs, so in No. 7, 9 und 12. Allein sobald sich hier die beiden Drähte berühren, ist die Leitungsfähigkeit der Schlieſsung entweder in dem Haupt- oder dem Nebenstrom um ein Bedeutendes geändert; so wie der Hauptstrom der besseren Leitung nachgehen kann, so kann es der Nebenstrom gleichfalls, und die beobachteten Erwärmungen müssen gröſser werden, als wenn ein solcher Umtausch nicht stattfände. Die beiden Kupfer-, selbst die Messingdrähte ändern hier weniger, doch müſste bei ganz exacter Berührung auch hier die Beobachtung um etwas überwiegen. — Nun hat Rieſs mittelst der elektrischen Figuren dargethan, und ich habe mich gleichfalls durch Versuche davon überzeugt, daſs der Nebenstrom in dem erregten Drahte mit dem Hauptstrome im Erreger gleiche Richtung hat; die obige Ansicht müſste demnach voraussetzen, daſs dieſs auch noch bei der Berührung der Drähte der Fall ist, und zwar so, daſs der Strom in dem übrigen Theile der Nebenschlieſsung dem erregten Theile folge. Da das Magnetisiren von Stahlnadeln sich auch nur als trügerisch erwies, so lieſs ich die elektrischen Figuren entstehen, und ich erhielt in der That ungemein schöne positive Strahlenringe an der Spitze, welche dem Eintritt des positiven Stroms in die gespannten Drähte zuliegt, und eben so die deutlichsten negativen Figuren an der

an-

andern Spitze. Hieraus folgt also, dafs wenn man die Ladung einer Batterie an zwei Stellen in einen geschlossenen Drahtring eintreten läfst, sie in dem kürzeren Theile desselben (der Leitungsfähigkeit nach) diejenige Richtung einschlägt, welche der Verbindung mit der Batterie gemäfs ist, dafs dagegen durch den andern Theil des Ringes der umgekehrte Strom hindurchgeht, der von dem ersteren gleichsam nach sich gezogen wird. Eine Theilung, wie beim galvanischen Strome findet nicht statt, es sey denn in dem einzelnen Falle, dafs beide Theile des Ringes denselben Leitungswiderstand darbieten.

Februar 1843.

IV. *Einige Notizen über galvanische Leitungen; von M. H. Jacobi.*

(Aus dem Bulletin der phys. math. Klasse der Petersburger Academie, T. I p. 30.)

Ich erlaube mir, der Academie einen vorläufigen Bericht über mehrere interessante Versuche abzustatten, zu welchen mir die im vorigen Sommer auf Allerhöchsten Befehl ausgeführten galvanischen Leitungen, die theils telegraphische, theils andere Zwecke zu erfüllen hatten, Veranlassung gaben.

Alle Physiker, welche bis jetzt mit der Anlage elektrischer Telegraphen sich zu befassen veranlafst waren, sind gewifs darüber einig, dafs der schwierigste Theil dieser Aufgabe in der Herstellung der galvanischen Leitung besteht. Man hatte sich die Sache früher sehr leicht gedacht; denn bei den anfänglichen, in kleinem Maafsstabe angestellten Versuchen, wovon unstreitig die des Baron Schilling v. Canstadt die ersten, ausgedehntesten und durchgearbeitetsten waren, konnten die in der

Natur der Sache liegenden nachtheiligen Bedingungen nicht hervortreten, die sich später zeigten, als Steinheil und Wheatstone ihre Linien auf gröfsere Entfernungen auszudehnen begannen. Die Wirkung der natürlichen Nebenschliefsungen, die hierbei stattfand, gebot Vorsichtsmafsregeln, auf die man früher nicht bedacht gewesen seyn konnte, da die vagen Begriffe von Leitern, Halbleitern und Nichtleitern noch nicht ihre practische Würdigung zu erhalten Gelegenheit gehabt hatten. Aus der von Steinheil bekannt gemachten Beschreibung seines magneto-elektrischen Telegraphen weifs man, dafs, ungeachtet dieser Gelehrte seine Drahtleitungen in freier Luft über hohe hölzerne Pfosten gehen liefs, dennoch Nebenleitungen vorhanden waren, die sich durch Stromeswirkungen manifestirten, die auf der einen Station stattfanden, während auf der andern die metallische Verbindungskette gelöst war. Dieselben Erscheinungen fand Wheatstone, der seine gut isolirten Drähte in gufseisernen Röhren über der Erde, an einigen Stellen auch unter derselben fortgeführt hatte, und er fand sie in so hohem Maafse, dafs er dadurch genöthigt war, sein erstes System der elektro magnetischen Telegraphirung, das in combinirten astatischen Magnetnadeln bestand, die durch besondere Leitungsdrähte und Multiplicatoren activirt wurden, aufzugeben. Es fand sich nämlich, wie es die Nebenverbindungen bewirkten, dafs bei Schliefsung der Hauptkette auch *die* Systeme von Nadeln mit in Bewegung gesetzt wurden, die ganz aufser der Verbindung lagen. Ich spreche es bei dieser Gelegenheit aus, wie sehr es zu bedauern ist, dafs Hr. Wheatstone die schätzbaren theoretischen und practischen Erfahrungen, die er bei Anlegung seiner Telegraphen gemacht, bis jetzt der Welt vorenthalten hat. Die erwähnten Schwierigkeiten steigern sich, wenn die im Grunde wünschenswertheste, ja gewissermafsen nothwendige, hier aber durchaus gebotene Bedingung erfüllt werden soll, die galva-

nische Verbindungskette ganz und gar unter der Erde fortzuführen; und sie steigern sich um so mehr, wenn nachtheilige klimatische und geognostische Verhältnisse, so wie andere ungünstige locale Beziehungen vorhanden sind. Steinheil hat es geradezu für unmöglich erklärt, galvanische Leitungen auf gröfseren Strecken unter der Erde fortzuführen. Die Erfahrungen, welche hier bei Legung der eisernen Gasleitungsröhren gemacht worden sind, haben die aufserordentliche Beweglichkeit des hiesigen Terrains gezeigt, die so weit geht, dafs nicht selten die eisernen Röhren entweder in der Mitte oder an den Verbindungsstellen quer durchgebrochen werden. Sobald eine galvanische Leitung unter der Erde fortgeführt werden soll, scheint eine Röhrenleitung unumgänglich zu seyn, nicht nur deshalb, weil nur auf solche Weise eine vollständigere Isolirung möglich ist, sondern auch, um bei vorfallenden Beschädigungen, eine leichtere Zugänglichkeit der Drähte zu gewähren. Eine früher über den Admiralitätsplatz gelegte Probeleitung, bei welcher die Drähte nicht frei in Röhren lagen, sondern in einer Art besonders geformter Hülsen von Eisenblech *eingekittet* waren, haben die grofse Unbequemlichkeit eines solchen Systems gezeigt. Da nun Metallröhren hier nicht leicht zu erlangen waren, und da sie aufserdem den Nachtheil haben, die Chancen der Nebenverbindungen zu vermehren und gefährlicher zu machen, so entschlofs ich mich geradezu gläserne Röhren zu wählen, obgleich ein solches Material zu ähnlichen Zwecken wohl noch nie gebraucht worden seyn mag, und keine Erfahrungen hierüber vorliegen. Die Details der Construction dieser galvanischen Leitung, so wie die Beschreibung der telegraphischen Apparate zu geben, behalte ich mir vor, und will nur erwähnen, dafs die ganze Strecke 9030 Fufs beträgt, also eine Leitungskette von 18060 Fufs erfordert. Die Röhren sind im Durchschnitt über 5 Fufs lang, haben $\frac{3}{4}$ Zoll Weite und eine angemessene Wand-

dicke. Die Enden sind matt geschliffen und mit einander durch Kautschukröhren verbunden, so dafs das ganze System leicht jeder Bewegung des Terrains folgen kann. Die Röhren wurden anfänglich auf flach gelegte, nach der Rundung der Röhren ausgehauene Ziegel gelegt, später wurde es aber vorgezogen die Ziegel ganz wegzulassen, die Röhren auf einer Lage feinen Sandes zu betten und dieselben mit einer 6 Zoll hohen, von Steinen sorgfältig gereinigten Schicht eben solchen Sandes zu bedekken. Die Tiefe unter dem Terrain beträgt im Durchschnitt 21 Zoll. Es wäre freilich besser gewesen, die Röhren noch mit einem hölzernen Kasten zu umgeben; hierdurch wären aber die Kosten bedeutend angewachsen, und das Holz hätte sich, der abwechselnden Feuchtigkeit unterworfen, nicht lange erhalten. Um dem Einwande zu begegnen, dafs diese Röhren durch die Erschütterungen darüber fahrender Wagen beschädigt werden könnten, liefs ich eine kurze Röhrenstrecke auf weniger als die angegebene Tiefe eingraben, und darüber einen schweren Ambofs bringen, auf welchem, mittelst Schmiedehämmern von 2 Pud Schwere, ein Stück Eisen abgeschmiedet wurde. Die horizontal durch das Pflaster sich fortpflanzenden Erschütterungen waren aufserordentlich stark, aber die Röhren hatten, wie sich nach dem Ausgraben zeigte, nicht im mindesten gelitten, und waren in ihrer Lage nicht derangirt worden. Die zu den Leitungen verwendeten Kupferdrähte waren von einer Stärke, dafs durchschnittlich eine Werst oder 3500 Fufs gerade 45 Pfund wogen; sie waren mit starkem Zwirn besponnen, wurden darauf in eine heifse Mischung von Wachs, Harz und Talg getaucht, hierauf noch einmal besponnen und endlich wiederum mit demselben Mastix bestrichen. Solcher Drähte lagen vier neben einander in den Röhren, die je zwei zu einem gesonderten telegraphischen System gehören.

Ehe die Drähte in die Röhren gelegt wurden, hatte

ich, vermittelst des Voltagometers, die Leitungswiderstände der einzelnen Drahtstrecken gemessen, deren Summe dann mit dem Widerstande der ganzen Leitung übereinstimmen mufste. Die letztere Messung ist zwei Mal vorgenommen worden, und zwar an zwei verschiedenen Tagen (14. und 18. September), die bedeutende Temperaturdifferenzen zeigten. Diese Messungen habe ich mir vorgenommen von Zeit zu Zeit zu wiederholen. Die Differenzen zwischen der Berechnung aus dem Widerstand der einzelnen Drähte und der Beobachtung der ganzen Strecke, ergiebt die nachfolgende Zusammenstellung:

I. System 18,200 Fufs lang.		II, System 17,864 Fufs lang.	
Berechnung.	Beobachtung.	Berechnung.	Beobachtung.
322,46	324,32 320,90	318	313,84 311,96

Die Widerstände sind in Windungen des Voltagometers ausgedrückt, deren jede aus etwa 0,25 engl. Linien dicken Neusilberdraht von 13",188 Länge besteht. Die Differenz zwischen beiden Beobachtungen läfst sich vielleicht dadurch erklären, dafs die zweite Beobachtung des 18. Septembers an einem kälteren Tage geschah. Die Messung von Leitungswiderständen, sobald sie mit einer, den gegenwärtigen Bedürfnissen angemessenen Genauigkeit vollführt werden soll, ist, wie mich die vielfachen, in diesem Jahre gemachten derartigen Beobachtungen gelehrt haben, kein so ganz leichtes Problem, als man auf den ersten Blick glauben sollte; es kommen dabei viele Umstände vor, die sich nicht leicht erklären lassen, und welche gehörig in Rechnung zu bringen der Folgezeit vorbehalten bleiben mufs.

Ich hatte die beiden, zur Dienstleistung bei dieser Arbeit bestimmten Ingenieur-Officiere mit bequemen Voltametern ausgerüstet, um sich während der Arbeit zu

überzeugen, dafs einerseits keine Unterbrechung, andererseits keine Nebenschliefsung bei der Leitung vorhanden sey. Bald aber zeigte es sich, dafs bei Anwendung kräftiger Batterien, auch bei geöffneter metallischer Verbindungskette, eine schwache Wasserzersetzung stattfand, die zwar mit der Länge der Leitung zunahm, aber dennoch unverhältnifsmäfsig schwächer, als die Wasserzersetzung war, welche bei Herstellung der metallischen Verbindung stattfand. Nachdem die ganze Leitung beendigt war, wurden die vergleichenden Versuche angestellt, von denen später die Rede seyn wird.

Es liegt ganz nahe diese Nebenschliefsungen, wodurch die Wasserzersetzung, auch bei unterbrochener Verbindungskette, bewirkt wird, wie einen metallischen Draht von einem bestimmten Leitungswiderstande zu betrachten, der eben so wie die andern Leitungswiderstände gemessen werden könne. Ich hatte zu diesem Ende, da dieser Widerstand nicht gering seyn konnte, vorher eine grofse Menge Hülfsdrähte gemessen, und zu dieser Untersuchung ein sehr empfindliches Galvanometer bestimmt. In der That betrug allein durch diese Nebenschliefsung die Ablenkung der Nadel, bei Anwendung von nur zwei Grove'schen Plattenpaaren 7°. Um diese Ablenkung zu vergröfsern und so die Beobachtungsfehler zu vermindern, nahm ich daher vier Plattenpaare, und erhielt eine Ablenkung von 20°, bei welcher ich die Messung vorzunehmen beabsichtigte. Zu meiner nicht geringen Verwunderung aber bemerkte ich eine so bedeutende Veränderlichkeit im Stande der Nadel, dafs dadurch eine Messung unmöglich wurde; denn innerhalb etwa einer halben Stunde war die Ablenkung von 20° bis auf 14° zurückgewichen, aber immer noch im langsamen Abnehmen begriffen. Liefs ich die Kette eine Zeit lang geöffnet, so trat wieder die ursprüngliche Ablenkung mit derselben Wirkungsabnahme ein. Die nächste Vermuthung war wohl, dafs die Batterie dieses Phänomen ver-

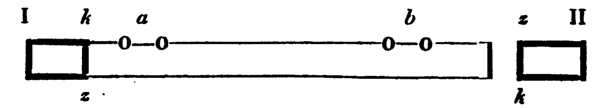
schulde; als aber eine ähnliche Ablenkung durch Hülfsdrähte bewirkt wurde, zeigte sich dieselbe ganz und gar constant. Diese Erscheinung läfst sich also wohl nicht anders erklären, als durch eine Art Polarisation, die hervorgehen mag aus irgend einer elektrolytischen Wirkung, die zwischen den nahe an einander liegenden Drähten stattfinden mufs, ganz so wie bei der Wasserzersetzung zwischen Platinplatten eine Wirkungsabnahme bemerklich ist. In der That wird diese Ansicht dadurch bestärkt, dafs, wie schon erwähnt, die doppelte Anzahl Plattenpaare die Ablenkung von 7° auf 20° brachte, was einer mehr als dreifachen Stromesstärke entspricht, ein Phänomen, das mit dem übereinkommt, welches ich schon früher beim Vergleich des chemischen und magnetischen Galvanometers bemerkt hatte; ferner dadurch, dafs bei Anwendung einer kräftigen Batterie von zwölf Grove'schen Plattenpaaren die Ablenkung bedeutend vergröfsert, der Gang der Wirkungsabnahme aber mehr verzögert wurde; auch noch dadurch, dafs die Ablenkung bedeutend zunahm, als die Drähte zu je zweien mit der Batterie verbunden und dadurch eine gröfsere Oberfläche in Thätigkeit gesetzt wurde; endlich unwiderleglich dadurch, dafs eine Ablenkung von 1½ bis 2° *in entgegengesetzter Richtung* stattfand, als das Galvanometer von der Batterie getrennt, und nur durch die in der Röhre befindlichen, unter einander nicht verbundenen Drähte geschlossen wurde. Es fragt sich also zuerst, ob durch zufällig eingedrungene Feuchtigkeit, wirklich vielleicht an irgend einer entblöfsten Stelle des Drahtes, eine Wasserzersetzung stattfinde, oder ob der Effect über der ganzen Linie verbreitet sey. Obgleich dieser Punkt nicht hat entschieden werden können, so sind doch Gründe vorhanden, die mich zu der letzteren Ansicht bestimmen. Es fragt sich aber noch ferner, ob wirklich eine Zersetzung von Wasser vor sich gehe, oder ob eine schwache Zersetzung der isolirenden Substanz, womit die Drähte

bedeckt sind, diese Polarisationserscheinungen hervorrufe. Um darüber einige Gewifsheit zu erlangen, liefs ich zwei, eben so isolirte Drähte, jeden von 2450 Fufs Länge, neben einander auf eine Rolle aufwickeln; indessen war, als ich die gleich liegenden Enden der unverbundenen Drähte durch den Multiplicator des Galvanometers mit der Batterie verband, keine Spur einer Ablenkung sichtbar, ungeachtet die Batterie aus 12 Grove'schen und 25 Daniell'schen, hinter einander verbundenen Plattenpaaren zusammengesetzt war. Eben so war, ungeachtet dieser starken Batterie, auf der in den Kreis eingeschalteten Zunge, kaum ein Geschmack bemerklich. Ein magneto-elektrischer Inductionsstrom dagegen bewirkte die heftigsten Erschütterungen, wenn in demselben Schema der inducirte Draht statt der Batterie substituirt wurde. Es ergiebt sich also auch hieraus der Vorzug, den bei telegraphischen Leitungen die Volta'sche Elektricität vor der von Steinheil angewandten Magneto-Elektricität hat. Das Verhalten der sogenannten Isolatoren oder Halbleiter, wenn starke elektromotorische Kräfte in Thätigkeit sind, hat übrigens immer den Eindruck auf mich gemacht, als wäre dasselbe, ungeachtet der scheinbar starren Form dieser Substanzen, gewissermafsen dem von Flüssigkeiten analog, welche, aufser dafs sie einen Leitungswiderstand haben, noch polarisirende Effecte hervorrufen, die aber durch kräftigere Elektromotoren in einem, sich gewissermafsen sprungweise manifestirenden Verhältnisse zurückgedrängt werden. Uebrigens scheint eine weitere Verfolgung dieses Versuchs zu Consequenzen zu führen, die möglicherweise für die Theorie und Praxis der galvanischen Telegraphenleitungen von Wichtigkeit werden dürften; auch bestätigt dieser Versuch meine schon früher ausgesprochene Meinung, dafs man den Widerstand einer, zwischen Metallplatten befindlichen Flüssigkeitsschicht im Allgemeinen nicht mit einem metallischen Drahte vergleichen könne, und dafs derartige Messun-

gen nur unter besonderer Beschränkung zugelassen werden dürfen.

Nachdem die ganze Leitung beendigt war, war es wichtig correspondirende Beobachtungen anzustellen, um zu sehen, welcher Antheil der Stromesstärke durch die Nebenleitungen oder durch die mangelhafte Isolirung verloren ginge. Bei diesen Versuchen wäre es nun sehr wünschenswerth gewesen magnetische Mefsapparate auf beiden Stationen zu besitzen. Indessen mufste ich mich, da es bis jetzt noch an derartigen bequemen Instrumenten fehlt, mit Voltametern begnügen, welche ich nach Art derjenigen anfertigen liefs, die Faraday (§. 710 *Experimental Researches*) beschrieben hat.

Es wurden demnach zwei Voltameter *a*, *b*, auf jeder Station eins, nach dem beigefügten Schema, in den Kreis eingeschaltet.



Wäre keine Nebenleitung vorhanden, so müfste, wenn die Batterie der Station I in Thätigkeit gesetzt wird, das Voltameter *b* eben so viel Gas liefern, als das dicht bei der Batterie befindliche Voltameter *a*, und umgekehrt müfste *a* so viel Gas liefern als *b*, wenn die Leitung mit der Batterie auf Station II in Verbindung gesetzt, auf I aber von der Batterie getrennt und in sich geschlossen würde. Die Versuche sind in der nachfolgenden Tabelle übersichtlich, und in der Ordnung zusammengestellt, wie sie gemacht wurden. Da aber in dem, dicht bei der Batterie befindlichen Voltameter, nicht immer dieselbe Gasquantität entwickelt wurde, so sind die Versuche für ein Normalquantum von 10 Kubikcentimeter berechnet. Die Batterie bestand aus 25 Daniell'schen Bechern, wovon jeder eine Kupferoberfläche von 20 Quadratzoll darbot. Der in der Mitte be-

findliche Zinkkloben war $3\frac{1}{2}$ Zoll hoch und hatte $\frac{3}{8}$ Zoll im Durchmesser.

Tafel I.

	No. der Vers.	Voltameter *a* $\frac{1}{10}$ Kubikcentimet	Voltameter *b* $\frac{1}{10}$ Kubikcentimet.
1. Drahtleitung	1	100	98
	2	87	100
	3	100	95
	4	86	100
2. Drahtleitung	5	100	100,4
	6	90	100
	7	100	100,4
	8	91	100
1. Drahtleitung	9	100	98
	10	91	100
	11	100	98
	12	93	100
1. Drahtleitung	13	100	93
	14	100	93
	15	100	95
	16	91	100
	17	92	100
	18	93	100
2. Drahtleitung	19	100	92
	20	100	95
	21	100	96
	22	88	100
	23	90	100
	24	96	100

Bei dieser Tabelle ist zu bemerken, dafs die zweite Abtheilung der Versuche von No. 13 an, die im ganzen eine gröfsere Regelmäfsigkeit zeigt, an einem andern Tage angestellt worden ist. Auffallend aber ist dabei, dafs die Angaben des Voltameters *b* immer gröfser erschienen, als die des Voltameters *a*, ein Umstand, den ich anfangs der Leitung zuzuschreiben geneigt war, der sich aber durch spätere Untersuchungen dahin auflöste, dafs die Graduirungen nicht übereinstimmten. Es ergab sich nämlich

aus correspondirenden Beobachtungen im Zimmer, dafs 122 Theilstriche (zu $\frac{1}{10}$ Kubikcentim.) des Voltameters *a*, 125 Theilstrichen des Voltameters *b* entsprechen. Bringt man diese Correction an, so wurden im Ganzen im Voltameter *a* $\frac{108,8 \,.\, 125}{122} = 111,5$ Kubikcentim., im Voltameter *b* aber $\frac{115,4 \,.\, 122}{125} = 112,6$ Kubikcentim. durch die, an den entgegengesetzten Stationen befindliche Batterie entwickelt. Man hat also im Durchschnitt im Voltameter *a* 92,9 und im Voltameter *b* 93,8 oder im Durchschnitt 93,4 für 100 Theile erhalten, oder es ist durch die Nebenleitung ein Verlust von 6,6 Proc. entstanden. Es ergiebt sich noch der sonderbare Umstand aus der zweiten Abtheilung der Tabelle, dafs die, im entfernteren Voltameter erhaltenen Gasmengen, bei den drei Mal hinter einander auf dieselbe Weise angestellten Versuchen, regelmäfsig wachsen. Beobachtungsfehlern kann diese Erscheinung nicht zugeschrieben werden, auch hatte ich dafür gesorgt, dafs die Verbindungen immer auf gleiche Weise geschahen, und Oxygen und Hydrogen sich immer an denselben Drähten entwickelten; denn anderweitige Beobachtungen hatten mich gelehrt, dafs häufig solche, der Polarisation zuzuschreibende Anomalien eintreten, wenn man bei den Beobachtungen die Richtung des Stroms verändert. Aber ich bin geneigt dieses Zunehmen der Gasmengen mit der oben erwähnten Beobachtung in Zusammenhang zu bringen, welche ich durch eine Polarisation der Drahtleitung selbst zu erklären veranlafst war. In der That würde eine solche Polarisation einen Gegenstrom hervorrufen, der, so wie er den Strom nahe bei der Batterie schwächen, denselben an den entfernteren Enden der Leitung verstärken müfste. Dafs dieser Gegenstrom nicht augenblicklick verschwindet, davon haben mich anderweitige Versuche überzeugt; auch war es nur eine Zeit von 2 bis 3 Minuten, die man zwi-

schen jeder Beobachtung verstreichen liefs. Es ist begreiflich, dafs diese Umstände, die jetzt das erste Mal zur Sprache kommen, noch mancher Bearbeitung bedürfen, um zu einer festen Ansicht darüber zu gelangen.

Ich will noch erwähnen, dafs die Voltameter mit verdünnter Schwefelsäure von 1,3 spec. Gewicht geladen waren. Als beide Batterien mit der Leitung hinter einander verbunden wurden, erhielt man genau gleiche Gasmengen in beiden Voltametern, was dafür zu sprechen scheint, dafs wahrscheinlich die Nebenleitung auf der ganzen Strecke gleichmäfsig vertheilt ist, und nicht besondere Fehler an einem einzelnen Punkte stattfinden.

Es ist bekannt, wie schon, vor mehr als dreifsig Jahren, Versuche angestellt wurden, welche zeigten, dafs sich der galvanische Strom einer vielplattigen Volta'schen Säule, auch durch Wasserstrecken fortpflanzen liefs, wenn diese einen Theil der, im Uebrigen isolirten Leitung bildeten. Einen solchen Versuch hatte ich Veranlassung diesen Herbst bei Oranienbaum anzustellen, wodurch eine Batterie von 24 Grove'schen Bechern, und auch durch eine gewöhnliche Volta'sche Säule von 150 Platten von 6" Seite alle Erscheinungen des galvanischen Stromes auf eine Entfernung von 5600 Fufs hervorgebracht wurden. Es war hierbei also ein Leitungsbogen von 11200 Fufs vorhanden, der zur Hälfte durch das Wasser des Finnischen Meerbusens gebildet wurde, zur Hälfte aber durch einen isolirten Kupferdraht von $\frac{3}{4}'''$ im Durchmesser, den man auf einem Damme fortgeführt hatte. Von dem einen Pole der Batterie wurde eine Zinkplatte von 5 Quadratfufs Oberfläche in's Meer, und von dem entgegengesetzten Ende des Metalldrahtes eine ähnliche Platte in einen, mit dem Meere in Verbindung stehenden Kanal gesenkt. Auf diese Weise wurden Kohlen und auch dünner Platindraht (letzterer nur durch die Grove'sche Batterie) zum Glühen gebracht und sehr starke Commotionen ertheilt. Obgleich ich keine vergleichenden Mes-

sungen anstellen konnte, so schien es mir doch, als würden diese Erscheinungen in gröſserer Intensität hervorgebracht, als wo man sich zweier neben einander befindlichen, doppelt übersponnenen, und mit einem Mastix von Wachs, Harz und Talg bestrichenen Drähte bedient hatte.

Die so eben beschriebene telegraphische Leitung war zu anlockend, um nicht auch diesen Versuch, auf eine Entfernung von 9030 Fuſs, zu wiederholen, um so mehr, da zwischen beiden Stationen mehrere Wasserverbindungen stattfinden. Das Kaiserliche Winterpalais, wo sich die erste Station befindet, liegt bekanntlich an der Newa, und die Dienstwohnung des Ober-Dirigirenden der Wege-Communication und der öffentlichen Bauten, wo sich die zweite Station befindet, an der Fontanka, nahe der Obuchow'schen Brücke. Es wurde demnach von der, unter der Erde befindlichen Leitung nur *ein* Draht benutzt; von der ersten Station indessen ein anderer Draht mit einer Zinkplatte von 5 Quadratfuſs in die Newa, von der zweiten Station ein Draht mit einer eben solchen Zinkplatte in einen im Garten befindlichen kleinen Teich gesenkt, dessen Spiegel 5 bis 6 Fuſs höher liegt, als die Fontanka, und der von ihr durch eine Schleuse getrennt ist. Als Elektromotor diente die oben erwähnte Batterie von 25 kleinen Daniell'schen Plattenpaaren, vermittelst welcher denn auch, ungeachtet der groſsen Länge der Wasserstrecke, alle galvanischen und elektromagnetischen Erscheinungen hervorgebracht wurden. Correspondirende Beobachtungen, die bei dieser Anordnung der Leitung auf die Weise wie früher mit den Voltametern angestellt wurden, ergaben die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Resultate, bei welchen die schon oben erwähnte Correction angebracht ist.

Tafel II.

No. der Versuche.	Voltameter. *a.*	Voltameter *b.*
1	100	98,4
2	100	99
3	100	99
4	95	100
5	95,4	100
6	95,6	100

Im Durchschnitt hat also hierbei ein Verlust von nur 3 Proc. stattgefunden, indem die von der Batterie entfernten Voltameter 97 Maafstheile auf 100 ergaben, welche sich in dem, dicht bei der Batterie befindlichen Voltameter entwickelt hatten.

Mein College, Hr. Lenz, dem ich diesen Versuch mitgetheilt hatte, forderte mich auf, denselben zu wiederholen, ohne einen Draht in die Newa zu leiten. Es sey vielleicht hinlänglich nur eine Verbindung mit irgend einer Stelle des eisernen Dachs vom Winterpalais herzustellen, da dieses Dach durch die Ableitstangen mit dem feuchten Erdboden in Verbindung stände.

In der That verhielt es sich so, indem die Leitung auf eine so grofse Entfernung schon durch den feuchten Erdboden vermittelt wurde. Leider konnten nicht mehr als drei correspondirende Versuche angestellt werden, die folgende Resultate ergaben:

Tafel III.

No. der Versuche.	Voltameter *a.*	Voltameter *b.*
1	99,4	100
2	99,6	100
3	98,7	100

Es ergiebt sich hieraus, dafs beinah gar kein Verlust stattgefunden hat, und dafs also diese Art der Verbindung die vortheilhafteste war. Es hat sich aber noch

folgender merkwürdige Umstand gezeigt. Bei den Versuchen der Tafel I waren 10 Kubikcentim. in etwa 4', bei Tafel II in etwa 5', bei Tafel III aber in 2' entwikkelt worden, so dafs hier auch die Intensität des Stromes am beträchtlichsten war. Die Batterien waren zwar immer auf dieselbe Weise geladen worden, aber so ganz constant mochte deren Thätigkeit bei den drei Versuchsreihen nicht gewesen seyn. Die gröfsere Intensität beim letzten Versuche schreibe ich nichts destoweniger dem Umstande zu, dafs ich dabei die Anordnung getroffen hatte, zwei Drähte der unterirdischen Leitung neben einander zu verbinden, so dafs der Leitungswiderstand derselben um die Hälfte vermindert wurde. Es ergab sich hieraus, dafs der Leitungswiderstand des Erdbodens beinah als Null betrachtet werden könnte. Bei dem zweiten Versuche war die Intensität geringer, vielleicht deshalb, weil eine schlechtere Leitung stattgefunden haben mochte, indem die Temperatur an diesem Tage niedriger, und der oben erwähnte kleine Teich, worin man die Zinkplatte gesenkt hatte, sogar mit Eis bedeckt war. Jedenfalls scheint es mir, dafs der Benutzung des Erdbodens zu telegraphischen Leitungen kein Hindernifs entgegenstehe, und dafs in dieser Beziehung manche bedeutende Vortheile erreicht werden dürften.

V. *Experimentelle Untersuchungen über die Bewegung der Flüssigkeiten in Röhren von sehr kleinen Durchmessern;* *vom Dr.* Poiseuille.

(Bericht einer aus den HH. Arago, Babinet, Piobert und Regnault gebildeten Kommission über diese Abhandlung. — *Ann. de chim. S. III T. VII p.* 50.)

Seit langer Zeit haben die Hydrauliker die Bedingungen zur Bewegung des Wassers in Röhren durch directe Versuche zu bestimmen gesucht; allein da sie dabei hauptsächlich die Anwendung auf die Bewegung des Wassers in Röhrenleitungen im Auge hatten, so wurden ihre Versuche mit Röhren von grofsen Durchmessern angestellt. Etliche derselben haben indefs auch mit Röhren von blofs einigen Millimetern Durchmessern Versuche angestellt, z. B. Dubuat [1]), Gerstner [2]) und Girard [3]).

Dieser letzte Physiker hat eine grofse Zahl von Versuchen gemacht über den Ausflufs des Wassers und mehrer anderen Flüssigkeiten durch kupferne und gläserne Röhren von verschiedener Länge und horizontaler Lage, unter verschiedenen Belastungen der Flüssigkeit, und er hat die Resultate seiner Versuche verglichen mit den Zahlen, die aus einer durch Rechnung erhaltenen Formel abgeleitet waren. Die Durchmesser der von ihm angewandten Röhren gingen von $1^{mm},8$ bis $4^{mm},2$.

Hr. Dr. Poiseuille hat seine Untersuchungen unter

1) *Principes d'hydraulique. T. II p.* 1.

2) Gilbert's Annalen (1800), Bd. V S. 160.

3) *Mouvement des fluides dans les tubes capillaires. Mémoires de l'Institut,* 1813, 1814. 1815 *et* 1816.

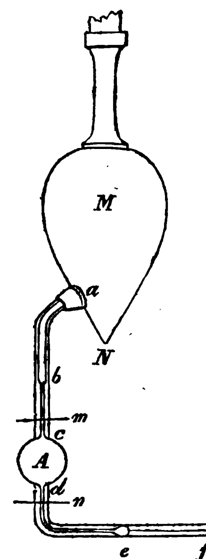
ter physiologischem Gesichtspunkt unternommen. Er hat experimentell zu bestimmen gesucht, welchen Gesetzen die Bewegung des destillirten Wassers in Glasröhren folgt, deren Durchmesser sich denen der Capillargefäfse nähern, durch welche die Flüssigkeiten der thierischen Oeconomie fliefsen. Er hat mit Glasröhren von $0^{mm},65$ bis $0^{mm},015$ Durchmesser experimentirt, und unter weit beträchtlicheren Drucken als seine Vorgänger.

Wenn Wasser durch eine Röhre von sehr kleinem Durchmesser in Luft ausfliefst, so geschieht es, selbst unter beträchtlichem Druck, nicht in einem vollen Strahl. Die Verwandtschaft der Flüssigkeit zur Substanz der Röhre macht, dafs sie an dem vollen Theil des Querschnitts haftet, sich daselbst anhäuft, einen Tropfen bildet, der sich vergröfsert und endlich abfällt. Daraus entspringt eine Rückwirkung, ein Druck auf die Oeffnung in entgegengesetztem Sinne des Ausflusses, welcher somit fortwährend veränderlich ist, und nicht auf einen gleichförmigen Zustand kommt. Diefs hat Hr. Poiseuille zuvörderst durch directe Versuche erkannt, und er zeigt, dafs in diesem Fall die Ausflufsgeschwindigkeiten nicht gleich sind in zwei einander folgenden Versuchen, die unter anscheinend einerlei Umständen angestellt werden. Die Gleichförmigkeit stellt sich auch nicht vollständig ein, wenn man die Röhrenmündung der Wand einer Eprouvette nähert, solchergestalt, dafs die ausfliefsende Flüssigkeit diese Wand unausgesetzt benetzen mufs.

Ein Mittel, diesem Uebelstand abzuhelfen, besteht darin, das Wasser inmitten von Wasser ausfliefsen zu lassen, oder, anders gesagt, das Ausfliefsen in einem Haarröhrchen geschehen zu lassen, welches zwei Behälter verbindet, auf deren Oberfläche ungleiche Drucke ausgeübt werden [1]).

1) Es ist dasselbe Mittel, dessen sich G. Hagen bei seinen Versuchen über die Bewegung des Wassers in zwar engen, aber nicht capillaren Röhren bediente. S. Ann. (1839) Bd. XXXXVI S. 423. *P.*

Wir wollen versuchen, in wenigen Worten, den von Hrn. P. angewandten Apparat und die Anstellungsweise seiner Versuche verständlich zu machen.



Ein birnförmiges Glasgefäſs *M* gemeinschaftet oben mit einer kupfernen Röhre, die sich in eine Bauchung begiebt, aus welcher drei Arme hervorgehen.

Der erste dieser Arme ist verbunden mit einer Druckpumpe, der zweite mit einem offenen Manometer. Dieses ist, für schwache Drucke, ein *Wassermanometer*, und, für stärkere, ein *Quecksilbermanometer*. Der dritte Arm gemeinschaftet mit einem Luftbehälter von starkem Kupfer und ungefähr 60 Liter Rauminhalt. Die mittelst der Druckpumpe in diesen Behälter gepreſste Luft übt auf die Oberfläche der ausflieſsenden Flüssigkeit einen beinahe constanten Druck aus.

Das Haarröhrchen *ef*, durch welches das Ausflieſsen geschieht, liegt horizontal; es ist in Verbindung mit dem Gefäſs *M*, und, demgemäſs, durch Vermittlung einer gekrümmten Röhre *abcde* mit dem Behälter voll comprimirter Luft. Die letztere Röhre ist an die Seitenwand des Gefäſses *M* angeschmolzen. Diese Vorkehrung ist unumgänglich; alle in der Luft schwebenden Staubtheilchen, gegen die man sich unmöglich vollständig schützen kann, streben nämlich sich in die Spitze *N* des Gefäſses *M* zu begeben; wenn also die Röhre *abcde* bei *N* angeschmolzen wäre, würden die Staubtheilchen durch das Haarröhrchen gehen, und nothwendig eine Störung im Ausflusse herbeiführen, besonders wenn dieser durch ein sehr enges Röhrchen geschähe.

Das Gefäſs *M* hat also seitlich bei *a* eine Oeffnung,

an welche eine rechtwinklich gekrümmte Röhre *ab* angelöthet ist. Diese Röhre ist ihrerseits bei *c* gelöthet an eine kleine Kugel *A*, die zwischen zwei diametral entgegengesetzten Röhren *bc* und *de* von 0,75 Millim. innerem Durchmesser befindlich ist. Die Röhre *de* ist rechtwinklich gekrümmt und endigt in einer sphäroïdischen Erweiterung, angeschmolzen an das Haarröhrchen *ef*, durch welches das zu studirende Ausfliefsen geschieht. Die Anschmelzung ist dergestalt gemacht, dafs der capillare Kanal der Röhre sich plötzlich erweitert und in die Bauchung *e* übergeht. Diese Einrichtung ist nothwendig, um die Länge des Haarröhrchens bestimmen zu können; das würde schwierig seyn, wenn die Röhre *ef*, die weit enger ist als die Röhre *de*, sich gegen den Punkt der Anschmelzung an letztere in einen Kegel verliefe.

Zwei Feilstriche bei *m* und *n* auf der senkrechten Röhre *abcd* dienen als Merkzeichen. Sie sind etwa 2 Millimeter von der Kugel *A* entfernt. Der Rauminhalt der Kugel und der kleinen Stücke des senkrechten Rohrs wurden zuvor mit grofser Sorgfalt bestimmt.

Ein horizontales Fernrohr, versehen mit einem Fadenkreuz, bewegt sich längs einer senkrechten Nuthe, und dient zum Visiren aus der Ferne auf die Merkzeichen *m* und *n*.

Die Röhre *ef*, so wie die Kugel *A* sind in ein Glasgefäfs voll Wasser getaucht; das Niveau der Flüssigkeit steigt bis 1 Millimet. an den Strich *m*. Ein in das Wasser getauchtes Thermometer giebt dessen Temperatur, und um diese constanter zu machen, ist das Glasgefäfs in einen Zuber voll Wasser von der nämlichen Temperatur gestellt.

Zur Anstellung des Versuchs beginnt man damit, die Kugel *A* und die Röhre darüber mit destillirtem, mehrmals filtrirtem Wasser zu füllen. Zu dem Ende verbindet man das Gefäfs *M* mit einer Saugpumpe, und taucht das Haarröhrchen in eine Flasche mit destillirtem Was-

ser. So wie man pumpt wird das Wasser in die Kugel A gesogen, und sobald diese bis a gefüllt ist, schraubt man M ab und bringt es in den Apparat, um den Ausfluſs-Versuch anzustellen. Mittelst einer Druckpumpe hat man zuvor an dem Behälter Luft zusammengedrückt bis zu dem Druck, unter welchem man operiren will. Indem man einen Hahn öffnet, übt die Luft des Behälters einen Druck auf die Flüssigkeit aus und das Ausflieſsen beginnt.

Das horizontale Fernrohr wird auf den oberen Strich m gerichtet. So wie das Niveau der Flüssigkeit diesen Strich erreicht, löst man einen Secundenzähler aus und richtet das Fernrohr auf den unteren Strich n, beobachtet darauf die Temperatur des Wassers und den vom Manometer angezeigten Druck.

Wenn die Kugel A nahe daran ist leer zu werden, so begiebt sich der Beobachter an das Fernrohr, und im Moment, da die Flüssigkeit den unteren Strich erreicht, hält er den Zähler an. Er zeichnet die Zahl der verflossenen Secunden auf und miſst abermals den Druck. Dieser hat sich bisweilen während des Versuchs um eine sehr kleine Gröſse geändert; man nimmt zu der Berechnung das Mittel aus beiden Beobachtungen.

Die Haarröhrchen waren möglichst cylindrisch, gewählt aus einer groſsen Zahl Thermometerröhren von Krystallglas. Ihr Durchmesser wurde in der Camera clara unter dem Mikroskop, an einem zweckmäſsig zubereiteten Querschnitt der Röhre gemessen. Man maſs diesen Durchmesser an vielen Punkten, und überzeugte sich so, ob der Querschnitt des Kanals kreisrund oder elliptisch sey. Man gebrauchte nur diejenigen Röhren, deren Querschnitt sehr nahe kreisrund war, und nahm das geometrische Mittel aus zwei, in rechtwinklichen Richtungen gefundenen Werthen des Durchmessers der Röhre.

Hr. Poiseuille giebt die Resultate seiner Versuche in vier Kapiteln.

Im ersten beschäftigt er sich damit, den Einfluſs des Drucks auf die Menge der in gleicher Zeit durch Röhren von sehr kleinen Durchmessern geflossenen Flüssigkeit zu bestimmen. Zu dem Ende bestimmt er die Zeit, welche eine selbe Kugel, versehen mit einem selben Haarröhrchen, zu ihrer Leerung gebraucht, sobald die Flüssigkeit verschiedenen Drucken ausgesetzt ist. Die Drucke wurden mittelst eines Wassermanometers bestimmt, sobald sie kleiner waren als der von einer 150 Millimet. hohen Quecksilbersäule. Die beträchtlicheren Drucke, die bis zu einer Atmosphäre gingen, wurden mittelst eines Quecksilbermanometers gemessen. Einige Versuche wurden sogar unter noch bedeutenderen Drucken, Drukken von 8 Atmosphären, angestellt, und zwar mittelst eines Hrn. Collardeau gehörigen offenen Quecksilbermanometers (*manomèter à mercure, à air libre*).

Hiedurch hat Hr. P. gefunden, daſs, bei einem selben Rohre, die Mengen des in gleichen Zeiten ausgeflossenen Wassers proportional sind den Drucken. Es handelte sich nun darum zu wissen, ob dieſs Gesetz ein allgemeines sey, für enge Röhren von jedem Durchmesser und jeder Länge gelte.

Um den Einfluſs der Länge zu ermitteln, schnitt Hr. P. folgweise Stücke von der zur ersten Versuchsreihe angewandten Röhre ab, und machte mit der so verkürzten Röhre eine neue Reihe von Versuchen. So fand er, daſs es für jede Röhre eine Längen-Gränze giebt, unterhalb welcher das Gesetz der Drucke nicht mehr gültig ist. Der Werth dieser Gränze ist verschieden nach dem Durchmesser der Röhre.

Die Resultate der Versuche des Hrn. Poiseuille stimmen vollkommen mit den nach dem obigen Gesetz berechneten Zahlen, wie man aus folgenden, seiner Abhandlung entlehnten Tafeln ersehen kann.

Länge d. Röhre = 75^{mm},8. Mittl. Durchmesser = 0^{mm},142.

Drucke; Quecksilber.	Beobacht. Zeiten.	Berechn. Zeiten.
51,068 Millm.	20085"	19835",0
97,764	10361	angenommen
147,832	6851	6851 ,9
193,632	5233	5231 ,2
387,675	2612 ,5	2612 ,8
738,715	1372 ,5	1371 ,2
774,676	1308	1307 ,6

Länge d. Röhre = 75^{mm},05. Mittl. Durchmesser = 0^{mm},113.

55,286 Millm.	21430"	21399",2
97,922	12079	12081 ,8
148,275	7981 ,5	7978 ,9
193,947	6100	angenommen
387,695	3052	3051 ,6
739,467	1600	1599 ,9
774,891	1526 ,5	1526 ,7

Länge d. Röhre = 50^{mm},225. Mittl. Durchmesser = 0^{mm},043.

54,785 Millm.	35460"	
55,796	34798	34817",5
99,508	19517	19522 ,8
149,219	13021	13018 ,9
192,907	10071	10070 ,5
386,555	5025	5025 ,6
774,617	2506	2507 ,9

Länge d. Röhre = 2^{mm},10. Mittl. Durchmesser = 0^{mm},029.

24,301 Millm.	5651"	5645",3
49,994	2751	angenommen
96,123	1426	1427 ,2
148,307	925	925 ,0
193,357	707	709 ,5
386,852	354	354 ,6
773,223	178	177 ,4

Länge d. Röhre =364 Millm.	Mittl. Durchmesser $=0^{mm},1816$.	
53,987	8590"	8598",2
210,129	2250	angenommen
419,645	1125 ,7	1126 ,6
835,565	565	565 ,8
1576,000	286	angenommen
2338,376	197 ,5	202 ,1
3095,540	154	152 ,7
3856,939	123	122 ,8
4616,534	106 ,25	102 ,4
5376,534	88 ,25	87 ,9
6136,534	77 ,50	77 ,0.

Wie schon gesagt, ist das Gesetz der Drucke nicht mehr gültig unterhalb einer gewissen Länge der Röhre, die von dem Durchmesser dieser abhängt. Eine Röhre von $0^{mm},029$ Durchmesser folgte dem Gesetz, selbst als sie nur $2^{mm},10$ lang war, wogegen eine Röhre von $0^{mm},65$, welche bei einer Länge von 384 Millm. dem Gesetz der Drucke genügt hatte, es nicht mehr zeigte als sie auf eine Länge von 200 Millm. verkürzt worden war.

Sobald die Länge einer Röhre unterhalb jener Gränze ist, wächst die Ausflufsgeschwindigkeit rascher als der Druck.

Im zweiten Kapitel seiner Abhandlung studirt Hr. Poiseuille den Einflufs der Länge der Röhre.

Diese Bestimmung bietet eine besondere Schwierigkeit dar, davon herrührend, dafs, weil die Röhren niemals vollkommen cylindrisch sind, man bei Verkürzung derselben nicht blofs die Länge ändert, sondern auch in merklicher Weise den Durchmesser ihrer Ausflufsmündung. Hr. P. bestimmte in der mit dem Amici'schen Mikroskop verbundenen Camera clara die Durchmesser der Röhren an jedem neuen Querschnitt, und somit konnte er die kleine Berichtigung wegen der Veränderung des Durchmessers anbringen, unter Annahme des Gesetzes,

nach welchem der Ausfluſs der Flüssigkeit sich mit dem Durchmesser verändert, eines Gesetzes, welches wir sogleich angeben werden.

Die Versuche zeigen, daſs *die Zeiten zum Ausfluſs einer gleichen Menge Flüssigkeit bei gleicher Temperatur, unter gleichem Druck und durch Röhren von gleichem Durchmesser proportional sind den Längen dieser Röhren.*

Dieſs Gesetz beginnt, wie das Gesetz der Drucke, erst von einer gewissen Länge an, welche für beide Gesetze gleich zu seyn scheint.

Das Kapitel III handelt vom Einfluſs des Durchmessers auf die durch sehr enge Röhren flieſsende Menge Flüssigkeit.

So selten man vollkommen cylindrische Röhren antrifft, eben so selten findet man welche mit vollkommen kreisrunden Querschnitt; insgemein ist dieser oval. Man wählte solche Röhren, deren Querschnitte sich den kreisrunden möglichst näherten, und man bestimmte in der Camera clara die gröſsten und kleinsten Durchmesser. Das geometrische Mittel dieser beiden Bestimmungen wurde als Durchmesser des als kreisrund vorausgesetzten Querschnitts genommen.

Alle Versuche wurden mit Röhren von so groſser Länge angestellt, daſs den beiden ersten Gesetzen genügt war; deshalb wurden sie mit Röhren von sehr verschiedener Länge ausgeführt. Allein ausgehend von dem durch die Versuche des zweiten Kapitels festgestellten Gesetz der Längen berechnete man die Producte des Ausflusses, um eine gleiche Länge der Röhren zu haben, auf die von 25 Millimeter.

Der constante Druck wurde zu 775 Millm. Quecksilber und die Temperatur zu 10° C. angenommen.

Aus seinen Versuchen leitet Hr. P. das folgende Gesetz ab: *Bei Gleichheit aller übrigen Umstände verhalten sich die Producte des Ausflusses wie die vierten Potenzen der Durchmesser.*

Aus folgender, der Abhandlung des Hrn. P. entlehnten Tafel kann man ersehen, in wie weit die Resultate der Versuche diesem Gesetze genügen:

Namen der Röhren	Mittl. Durchmesser.	Ausflufsmengen in 500″.
M	0,013949 Millm.	1,4648 Kub. Millm.
E	0,029380	28,8260
D	0,043738	141,5002
C	0,085492	2067,3912
B	0,113400	6398,2933
A	0,141600	15532,8451
F	0,652170	6995870,2463.

Vergleicht man diese Producte paarweise, so sieht man, dafs sie dem aufgestellten Gesetze sehr genau folgen. Vergleicht man nämlich das Product der Röhre *M* mit dem Product der Röhre *E*, so findet man:

$(0{,}02938)^4 : (0{,}013949)^4 :: 28{,}826 : x = 1{,}4650$ statt 1,4648.

Eben so giebt der Vergleich des Products

von *E* mit dem von *D*	28,808	statt	28,826
- *D* - - - *C*	141,63	-	141,500
- *C* - - - *B*	2066,93	-	2067,391
- *B* - - - *A*	6389,24	-	6398,293
- *A* - - - *F*	15547,10	-	15532,865.

Eben so genügende Resultate erhält man, wenn man die Producte in einer anderen Ordnung vergleicht.

Es ist nun leicht eine Formel aufzustellen, welche das Product des Ausflusses in der Zeiteinheit giebt, das Wasser dabei von gleicher Temperatur genommen, durch Haarröhrchen von verschiedenen Durchmessern und Längen, und unter verschiedenen Drucken, die Länge der Röhre indefs immer oberhalb der Gränze genommen, unterhalb welcher die obigen Gesetze nicht mehr gültig sind. Seyen *Q* das Product des Ausflusses, *H* der Druck in Millimetern, Quecksilber von 0°, *D* der Durchmes-

ser der Röhre und L die Länge derselben, so hat man nach dem Obigen offenbar:

$$Q = k\frac{HD^4}{L},$$

wo k ein constanter, von der Temperatur abhängiger Coëfficient.

Der Werth dieses Coëfficienten für die Temperatur 10° kann aus den Daten der vorstehenden Tafel bestimmt werden:

Die Formel $k = \frac{QL}{HD^4}$ giebt dann:

für die Röhre	M	$k = 2495{,}5$
- - -	E	2496,0
- - -	D	2494,4
- - -	C	2496,8
- - -	B	2496,2
- - -	A	2492,7
- - -	F	2495,0
	Mittel	2495,22.

So hat man für die Temperatur 10° R. und für eine Zeitsecunde:

$$Q = 2495{,}22\frac{HD^4}{L}.$$

H ist hier der Druck, ausgedrückt als Quecksilbersäule; will man ihn als Wassersäule H' ausdrücken, so hat man:

$$H' = 13{,}577\,H \text{ woraus } H = \frac{H'}{13{,}577}$$

$$Q = 2495{,}22\frac{\frac{H'}{13{,}577}.D^4}{L} = 183{,}783\frac{H'D^4}{L}.$$

Bezeichnet V die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in der Röhre, so hat man:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4}.V \text{ oder } \frac{\pi D^2}{4}.V = k\frac{HD^4}{L},$$

woraus:

$$V=\frac{4k}{\pi}\cdot\frac{HD^2}{L}.$$

Die Resultate der Versuche von Dubuat, Gerstner und Girard stimmen nicht mit dieser Formel; allein man mufs bemerken, dafs ihre Versuche mit Röhren von weit gröfseren Durchmessern angestellt wurden, als Hr. P. anwandte, und dafs die Längen dieser Röhren offenbar unterhalb der Gränze lagen, von dem ab die von Hrn. P. beobachteten Gesetze gültig sind.

Der Werth von k ändert sich rasch mit der Temperatur. Hr. P. hat gesucht diefs durch eine empirische Formel auszudrücken, deren Coëfficienten bestimmt wurden durch eine Reihe von Versuchen, die folgweise bei jedem 5ten Grad von 0° bis 45° C. angestellt wurden. Es genügte dazu, das Wassergefäfs, in welchem das Ausfliefsen geschah und in welches zugleich die Kugel A getaucht war, auf verschiedene Temperaturen zu halten.

Um sich zu überzeugen, ob eine selbe Formel auf sehr verschiedene Capillarröhren passe, hat Hr. P. Versuche mit vier solchen von immer kleinerem Durchmesser angestellt, nämlich:

Röhre	A	C	D	E
Durchmesser	$0^{mm},142$	$0^{mm},085$	$0^{mm},046$	$0^{mm},029$.

Der Ausflufs geschah beständig unter dem Druck von 776 Millm. Quecksilber. Die Durchmesser der Röhren wurden wegen der Wärme-Ausdehnung berichtigt.

Hr. P. hat gefunden, dafs dieselben Coëfficienten für diese vier Röhren gültig sind, und dafs mithin zwischen den von ihm benutzten Durchmesser-Gränzen dieselbe Berichtigungsformel angewandt werden kann.

Girard hatte bei seinen Versuchen gefunden, dafs die von der Temperatur abhängige empirische Formel mit dem Durchmesser variire; allein seine Versuche wurden, wie schon gesagt, beständig mit Röhrenlängen klei-

ner als die, auf welche die von Hrn, P. gefundenen Gesetze gültig sind, angestellt.

Die definitive Formel für den Ausfluſs des Wassers in Röhren von sehr kleinen Durchmessern wird:

$$Q = 1836{,}724\,(1 + 0{,}0336793\,T + 0{,}0002209936\,T^2)\,\frac{HD^4}{L},$$

worin T die Temperatur in Centigraden und H die Höhe in Quecksilber.

Diese Formel zeigt, daſs die Ausfluſsgeschwindigkeit des Wassers rasch mit der Temperatur steigt; so ist sie bei 45° drittehalb Mal gröſser als bei 5°.

Schon Girard hatte, veranlaſst durch Hrn. Arago, gesucht, ob die Temperatur 4° C., bei welcher das Wasser das Maximum seiner Dichte erreicht, einen singulären Punkt in der Curve darböte, welche die Veränderungen der Ausfluſsgeschwindigkeit in Function der Temperatur darstellt; er hatte gefunden, daſs dieſs nicht der Fall sey, daſs vielmehr die Curve regelmäſsig herabsteige, ohne durch die Aenderung im Sinn des Ganges der Dichte influencirt zu werden.

Hr. P. hat dieſs Resultat durch neue Versuche bestätigt, so daſs man es nun als eine vollkommen erwiesene Thatsache ansehen kann, daſs, wenn die Dichte der Flüssigkeit einen Einfluſs auf die Geschwindigkeit des Ausflieſsens der Flüssigkeiten durch Röhren von kleinen Durchmessern ausübt, dieser Einfluſs sehr schwach ist, und daſs man ihn nicht den groſsen Veränderungen zuschreiben kann, welche diese Dichte mit der Temperatur erleidet.

Unter demselben Gesichtspunkt hat Hr. P. interessante Versuche mit Haarröhrchen angestellt über die Geschwindigkeit des Ausflieſsens von Flüssigkeiten, gebildet aus der Mengung veränderlicher Verhältnisse von Alkohol und destillirtem Wasser.

Girard's Versuche, angestellt mit einer Glasröhre von 939 Millm. Länge und $1^{mm},767$ Durchmesser, hatten

gezeigt, dafs Alkohol ungefähr drei Mal langsamer als destillirtes Wasser ausfliefse; dafs Gemenge von Alkohol und Wasser in den Volumverhältnissen 1 : 2 und 1 : 3 ein rascheres Ausfliefsen zeigen als Alkohol, und endlich, dafs die Geschwindigkeit desto gröfser ist, je mehr Wasser dem Alkohol hinzugesetzt wurde.

Hr. P. ist zu etwas anderen Resultaten gelangt. Allein diefs erklärt sich leicht, weil er mit viel engeren Röhren arbeitete, und weil er zum Ausgangspunkt einen fast absoluten Alkohol von 0,8001 Dichte bei 10° C. nahm; während Girard's Alkohol schon wasserhaltig war, 30° am Aräometer zeigte.

In der folgenden Tafel geben wir Hrn. P's numerische Resultate:

Ausflufsgeschwindigkeiten von Gemengen aus Alkohol und Wasser.

Nummer der Versuche.	Gewichtsmengen Wasser auf 73,512 Gw. Alkohol.	Dichte der Gemenge bei 10° C.	Ausflufszeit für ein gleiches Volum d. Gemenge.	Capillarität.
1	0	0,8001	682"	32,20 Mllm.
2	26,487	0,8557	1158	33,60
3	36,487	0,8793	1336	34,60
4	76,487	0,9293	1731	35,45
5	86,487	0,9311	1732	36,35
6	106,487	0,9349	1726	-
7	126,487	0,9400	1723	-
8	226,487	0,9606	1444	-
9	276,487	0,9627	1326	43,35
10	359,487	0,9734	1237	-
11	676,487	0,9798	841	54,85
12	1026,487	0,9820	760	58,05
13	1276,487	0,9893	694	61,30

Die fünfte Spalte enthält die Höhe, zu welcher die Flüssigkeiten in einer Röhre von $0^{mm},36$ Durchmesser durch Capillarwirkung gehoben wurden. Destillirtes Wasser stieg in derselben Röhre bis zu $80^{mm},65$ Höhe.

Reiner Alkohol erforderte zum Ausflufs 682", destillirtes Wasser, unter gleichen Umständen, 523".

Nimmt man die im Weingeist enthaltenen Wassermengen zu Abscissen und die Ausflufszeiten zu Ordinaten, so erhält man eine Curve, welche das Gesetz der Erscheinung unmittelbar vor Augen legt.

Man sieht, dafs der fast absolute Alkohol dieselbe Ausflufsgeschwindigkeit hat als das Gemenge aus 1276,5 Wasser und 73,51 Alkohol. Die Curve zeigt ein Maximum, entsprechend dem Gemenge von 73,51 Alkohol und 176,49 Wasser.

Da die Dichtigkeit des Gemenges von Alkohol und Wasser mit dem Wassergehalte steigt, so sieht man sogleich, dafs die Aenderung der Dichte keinen Einflufs erster Ordnung auf die Ausflufsgeschwindigkeit ausübt. Man kann dasselbe von der Capillarität sagen, welche, nach den Versuchen des Hrn. P., fortwährend mit dem Wassergehalt des Gemenges zunimmt.

Das Minimum der Ausflufsgeschwindigkeit fällt auf das Gemenge, bei welchem Rudberg schon das Maximum der Contraction gefunden hat [1]).

Die von Hrn. P. gegebene Formel für den Ausflufs des Wassers durch Röhren von kleinem Durchmesser stützt sich auf eine Reihe directer Versuche. Der einzige Weg, den Werth derselben zu ermitteln, bestand offenbar darin, neue Versuche mit andern Röhren als die vom Verfasser angewandten zu unternehmen und die Resultate mit den aus der Formel abgeleiteten Zahlen zu vergleichen. In dieser Absicht haben die Kommissäre in Gegenwart des Hrn. P. und mittelst seines Apparats die Versuche angestellt, deren Resultate wir hier angeben wollen. Wegen des überraschenden Einklangs zwischen den beobachteten und den aus Hrn. P's. Gesetzen abgeleiteten Zahlen schienen diese Versuche einer gröfseren Vervielfältigung und Ausdehnung zu bedürfen.

1) Siehe Annalen, Bd. XIII S. 496.

Versuche zur Prüfung des Gesetzes der Drucke.

Es wurden drei Versuchsreihen angestellt. Zu den beiden ersten (Taf. I) bediente man sich eines Wassermanometers. In der dritten gebrauchte man zu den drei ersten Versuchen ein gewöhnliches Quecksilbermanometer, und zu den fünf übrigen ein Hrn. Collardeau gehöriges und zuvor sorgfältig geprüftes offenes Quecksilbermanometer.

Tafel I.

Röhre γ'. Länge etwa 69 Millm.; Durchmesser 0,20 bis 0,19 (?) Millm

	Drucke; destillirtes Wasser.	Ausflufstemperatur.	Ausflufszeiten beobachtet.	Ausflufszeiten berechnet. für gleiche Temp. u. vom 1. Vers. ausgegangen.
12. Sept.	1282,0	17°,6 schwach	958″	
dito	1273,65	17 ,6 stark	960 45‴	962″,9
13. Sept.	1232,25	17 ,5	997 30	995 ,27
dito	1758,00	17 ,5	701 30	697 ,63

Tafel II.

Röhre V. Länge 108^{mm},24 Durchmesser $\begin{cases} D = 0^{mm},277 ; D = 0^{mm},272 \\ d = 0 \quad ,234 ; d = 0 \quad ,232 \end{cases}$

Temperatur = 14°,75

		Drucke; destillirtes Wasser.	Ausflufszeiten beobachtet.	Ausflufszeiten berechnet, vom 1. Versuch ausgegangen.
27. Sept.	4.	522^{mm},10	1784″ 15‴	1785,9
dito	3.	1040 ,80	895 0	896,2
26. Sept.	2.	1472 ,45	633 0	633,4
dito	1.	2002 ,75	465 45	

Tafel III.

Röhre *V*. Länge 107^{mm},9 Durchmess. { $D = 0^{mm}$,1400 ; $D = 0^{mm}$,133
Ausflufstemper. $= 14°$,75 { $d = 0$ · ,1384 ; $d = 0$,132

		Drucke; Quecksilber.	Ausflufszeiten beobachtet.	berechnet, in der Annahme des Gesetzes der Drucke und vom 1. Versuch ausgegangen.
3. Oct.	3.	146^{mm},22	5664″	
dito	2.	573 ,63	1445″ 45‴	1443″,8
dito	1.	773 ,85	1069	1070 ,2
2. Nov.	5.	740 ,80	1121	1118
dito	4.	1515 ,18	546 15	546 ,59
dito	3.	2273 ,08	365 30	364 ,34
dito	2.	3049 ,45	273 30	271 ,58
dito	1.	3513 ,54	237	235 ,71

Von den beiden letzten Columnen enthält die erstere die beobachteten Ausflufszeiten, und die zweite die berechnete nach Hrn. Poiseuille's Gesetz, nämlich, dafs die Zeiten des Ausflusses einer gleichen Menge Flüssigkeit durch das nämliche Haarröhrchen sich umgekehrt verhalten wie der Druck, unter welchen das Ausfliefsen geschieht. Der vollständige Einklang zwischen den Zahlen beider Kolumnen läfst keinen Zweifel an der Richtigkeit des Gesetzes übrig.

Da das die Flüssigkeit enthaltende Kügelchen *A* seine Geräumigkeit unter einem starken Druck vergröfsern mufste, so wollten wir uns versichern, ob diese Vergröfserung merkliche Unterschiede herbeiführen könne. Zu dem Ende füllten wir das Kügelchen mit der Flüssigkeit bis zum Ende des Haarröhrchens und schmolzen dieses vor der Lampe zu, brachten in das Wasser der senkrechten, oberhalb des Kügelchen befindlichen Röhre ein Quecksilbertröpfchen und mafsen die Drucke mit Hrn. Collardeau's Manometer.

So hatte man:

für

für eine Druckzunahme.	scheinbare Zunahme der Geräumigkeit.
1 Atmosph.	0,688 Kub. Millim.
2 -	1,376 - -
3 -	2,064 - -
4 -	3,096 - -
5 -	3,784 - -
6 -	4,644 - -
7 -	5,160 - -
8 -	5,848 - -
9 -	6,536 - -

Die gesammte Geräumigkeit war 6 Kub. Centm. Die Zusammendrückung des Wassers ist in obiger Tafel vernachlässigt.

Die Aenderung der Geräumigkeit des Kügelchens in Folge des Drucks ist also zu klein, als dafs man nöthig hätte sie zu berücksichtigen. Eine Berichtigung der Resultate in den vorstehenden Tafeln hielt man demnach nicht für nöthig.

Versuche zur Prüfung des Gesetzes der Längen.

Wir operirten mit einer selben Röhre, die successive verkürzt wurde. Die Durchmesser der abgenommenen Röhrenlängen wurden jedesmal in der am Mikroskop angebrachten Camera clara gemessen. Ihre Werthe finden sich in der Tafel.

Man experimentirte möglichst unter gleichem Druck; indefs da diese Bedingung nicht absolut zu erreichen war, so genügte man ihr beinahe, und bestimmte, unter Annahme des zuvor erprobten Gesetzes der Drucke, durch Rechnung die Berichtigung, welche nöthig war, um die Versuche auf den Fall einer strengen Gleichheit der Drucke zurückzuführen.

Druck 1472mm,45 destillirtes Wasser; Temperatur; 14°,75.

No. der Versuche.	Name der Röhren.	Länge Millimeter.	Durchmesser am freien (A) und entgegengesetzten (B) Ende	Millimeter.	Ausflufszeit bei gleichem Druck. 1472mm,45.
2	V	108,24	A	$D=0,272$ $d=0,232$	633″
			B	$D=0,277$ $d=0,234$	
5	V'	84,52	A	$D=0,2728$ $d=0,2320$	492 ,3
			B	$D=0,277$ $d=0,234$	
6	V''	54	A	$D=0,276$ $d=0,233$	314 ,3
			B	$D=0,277$ $d=0,234$	
7	V'''	9	A u. B	$D=0,277$ $d=0,234$	71 ,5

Die Zeit von

No. 5 verglichen mit No. 2 ist 492″,28 statt 492″,3
- 6 - - - 5 - 314 ,53 } statt 314 ,3
- 6 - - - 2 - 315 ,80 }
- 7 - - - 2 - 52 ,63 statt 71 ,5.

Man sieht, bei den drei ersten Versuchen sind die Ausflufszeiten proportional den Röhrenlängen. Nicht so verhält es sich mit dem vierten Versuch; allein bei diesem hatte die Röhre nur eine Länge von 9 Millim., befand sich also unterhalb der Gränze, von welcher an die von Hrn. Poiseuille gefundenen Gesetze gültig sind.

Versuche zur Prüfung des Gesetzes der Durchmesser.

Die Kommissäre experimentirten mit Röhren von fast gleicher Länge unter sehr wenig verschiedenen Drukken, und durch Rechnung bestimmten sie, unter Annahme der zuvor erprobten Gesetze der Drucke und der Längen, die Ausflufszeiten, welche stattgefunden haben wür-

den, wenn die Länge der Röhre und der Druck beim Ausflusse strenge gleich gewesen wären.

Die Haarröhrchen waren an ein selbes Kügelchen angeschmolzen, um nicht die Veränderung des Volums der ausgeflossenen Flüssigkeit in Rechnung ziehen zu brauchen.

Wir haben nur zwei Versuche zur Prüfung des Gesetzes der Durchmesser angestellt, aber mit Röhren von sehr verschiedenem Durchmesser.

Durchmesser.

Versuch am 3. October. No. 3:

Röhre U; $P=1984^{mm},75$; $T=14°,7$; Ausflufszeit 5664″

$l=107^{mm},9$ freies Ende $\begin{cases} D=0^{mm},133 \\ d=0\phantom{^{mm}},132 \end{cases}$; entgegenges. Ende $\begin{cases} D=0^{mm},1400 \\ d=0^{mm},1384 \end{cases}$

Mittlere Durchmesser:

$$D_2 = \frac{\sqrt{0,133 \times 0,132} + \sqrt{0,14 \times 0,1384}}{2} = 0^{mm},135848$$

Versuch am 26. September. No. 1. Dasselbe Kügelchen wie bei der vorhergehenden Röhre U.

Röhre V; $P=2002^{mm},75$; $T=14,7$; Ausflufszeit 465″,75

$l=108^{mm},24$ freies Ende $\begin{cases} D=0^{mm},272 \\ d=0\phantom{^{mm}},232 \end{cases}$; entgegenges. Ende $\begin{cases} D=0^{mm},277 \\ d=0\phantom{^{mm}},234 \end{cases}$

Mittlere Durchmesser:

$$D'_2 = \frac{\sqrt{0,272 \times 0,232} + \sqrt{0,277 \times 0,234}}{2} = 0^{mm},252899$$

Gestützt auf das Gesetz der Drucke und das der Länge bestimmte man die Zeit, welche die Röhre V unter dem Drucke $1984^{mm},75$ und bei der Länge $107^{mm},9$ der Röhre U zum Ausfliefsen erfordert haben würde; diese Zeit ist 468″50.

Unter gleichem Drucke, bei gleicher Temperatur und gleicher Röhrenlänge fliefst eine gleiche Menge Flüssigkeit durch die Röhre vom Durchmesser $D_2=0^{mm},135848$ in 5664″, und durch die Röhre V vom Durchmesser $D'_2=0^{mm},252899$ in 468″,50.

Wenn nämlich, bei Gleichheit alles Uebrigen, die

Producte sich direct verhalten wie die vierten Potenzen der Durchmesser, müssen für eine durch die Röhren U und V geflossene gleiche Menge Flüssigkeit die Zeiten im umgekehrten Verhältnisse der vierten Potenzen ihrer Durchmesser stehen.

Suchen wir nach dieser Hypothese die der Röhre V entsprechende Zeit verglichen mit der von U, so hat man:

$$D_2^4 : D'^4_2 = x : 5664'',$$

woraus:

$x = 471'',57$, während der Versuch giebt $468'',50$.

Versuche zur Prüfung der empirischen Formel für die Veränderung der Ausflufsgeschwindigkeit mit der Temperatur.

Vier Versuche wurden in dieser Absicht unternommen; ihre Resultate sind:

Röhre V_1 ; $l = 73^{mm}$; $D = 0,27$; $d = 0,23$; beides ungefähr.

V = Geräumigkeit der Kugel bei 10°.

No. der Versuche.	Temperatur.	Zeit zur Leerung des Kügelchen unt. 1320mm,5 Wasserdruck.	Gewicht d. ausgefloss. Flüssigk. in 300″ unt. gleich. Druck, mit Berücksichtigung der Wärme-Ausdehnung des Kügelchen.
2	2°,57	610″,15	$V^{gr.} \times 0,491704$
1	10 ,20	484 ,13	$V^{gr.} \times 0,619526$
3	18 ,14	393 ,19	$V^{gr.} \times 0,762010$
4	26 ,55	322 ,00	$V^{gr.} \times 0,928726$

			Producte.
No. 2 ; $P = 1320^{mm},5$	Zeit 322″	No. 2	0,491704
- 3 ; $P = 1320\ ,5$	- 393 ,19	- 1	0,6195267
- 1 ; $P = 1320\ ,5$	- 484 ,13	- 3	0,762010
- 4 ; $P = 1320\ ,5$	- 610 ,15	- 4	0,928726.

Ferner, wenn die Coëfficienten 0,0336793 und 0,0002209936 der Formel S. 436 mit α und β bezeichnet werden:

No. 2 ; $1 + \alpha \times 2°,57 + \beta \times (2° 57)^2 = 1,0880154$

- 1 ; $1 + \alpha \times 10°,20 + \beta \times (10° 2\ )^2 = 1,3665282$

- 3 ; $1 + \alpha \times 18°,14 + \beta \times (18° 14)^2 = 1,6836624$

- 4 ; $1 + \alpha \times 26°,55 + \beta \times (26° 55)^2 = 2,0499593$

Die Verhältnisse der unter gleichem Druck in 300″ ausgeflossenen Flüssigkeitsgewichte sind:

	Nach Versuch.	Nach der Formel.
Zwischen No. 4 u. 3	$\frac{0,928726}{0,726010}=1,2187$	1,2176
- - 4 u. 2	$\frac{0,928726}{0,491704}=1,88879$	1,8841.
- - 3 u. 1	$\frac{0,762010}{0,619526}=1,22998$	1,23207
- - 1 u. 2	$\frac{0,619526}{0,491704}=1,2599$	1,2550

Man sieht, dafs die empirische Formel die Resultate der Beobachtung so gut wieder giebt als man es nur wünschen kann.

Die Versuche der Kommissäre haben demnach die von Hrn. Poiseuille aufgefundenen Gesetze des Ausflusses von Wasser aus Röhren von sehr kleinen Durchmessern vollständig bestätigt.

Das Gesetz der Drucke, man mufs es sagen, war schon von Dubuat und Girard bei Röhren von beträchtlicherem Durchmesser aufgefunden, aber nur für sehr geringe Veränderungen des Drucks nachgewiesen worden. Bei den Versuchen von Girard, die als die genaueren betrachtet werden müssen, ging der Druck nur von 5 bis 35 Centimeter Wasser. Bei Hrn. Poiseuille's Versuchen dagegen variirte der Druck von 35 Centimeter bis 240 Meter Wasserhöhe, und zwischen diesen so ausgedehnten Gränzen kann man das Gesetz als verbürgt betrachten.

Vergleichen wir nun die experimentell von Hrn. Poiseuille gefundene Formel mit der, welche die Theorie für den Ausflufs der Flüssigkeiten durch sehr enge Röhren in der Annahme einer parallelen Fortführung der Schnitte liefert.

Der Ausdruck für das Moment der beschleunigen

den Kraft, welche die Bewegung der Flüssigkeit in einer horizontalen Röhre bewirkt, ist:

$$g\frac{H}{L}\cdot\frac{\pi D^2}{4}\cdot L.$$

Die verzögernde Kraft, welche die Bewegung gleichförmig macht, ist proportional der Fläche πDL der Röhrenwand; überdiefs ist sie eine gewisse Function der Geschwindigkeit. Die Hydrauliker nehmen mit Coulomb an, diese Function könne dargestellt werden durch einen Ausdruck wie:

$$AV+BV^2,$$

wo A und B constante, aber unbestimmte Coëfficienten sind, die durch directe Versuche festgesetzt werden müssen. Die verzögernde Kraft wird alsdann:

$$\pi DL(AV+BV^2).$$

Sobald das Ausfliefsen gleichförmig geworden, ist nothwendig Gleichheit zwischen der beschleunigenden und der verzögernden Kraft vorhanden. Man hat also:

$$g\frac{H}{L}\cdot\frac{\pi D^2}{4}L=\pi DL(AV+BV^2)$$

oder:

$$g\frac{H}{L}\cdot\frac{D}{4}=AV+BV^2.$$

Schon Hr. Girard hat bemerkt, dafs, jenseits einer gewissen Länge der Röhre in Bezug auf ihren Durchmesser, das Glied $\frac{gHD}{LV}$ constant wird, was erfordert, dafs man habe $B=0$. Die Formel reducirt sich alsdann auf:

$$V=\frac{g}{4A}\cdot\frac{HD}{L}.$$

Diese Formel weicht von der Poiseuille'schen nur so weit ab, dafs D darin durch D^2 ersetzt ist; allein man mufs erwägen, dafs man bei Aufstellung der theoretischen Formel vorausgesetzt hat, dafs in einem selben Querschnitt des flüssigen Fadens alle Punkte glei-

che Geschwindigkeit besitzen. Das ist aber in Wirklichkeit nicht der Fall. In der Axe ist die Geschwindigkeit der Theilchen gröfser als nach der Wandung der Röhre hin, und an dieser Wand selbst ist die Geschwindigkeit vielleicht Null oder wenigstens sehr klein. Die Geschwindigkeit, welche aus der Menge der in einer gewissen Zeit ausgeflossenen Menge von Flüssigkeit abgeleitet wird, ist also nur eine mittlere Geschwindigkeit, welche wahrscheinlich eine veränderliche Function des wirklichen Durchmessers der Röhre ist.

In der Hoffnung einige genauere Angaben über diesen Gegenstand zu erhalten, haben die Kommissäre Hrn. Poiseuille veranlafst, Versuche anzustellen über das Ausfliefsen einer sehr dünnflüssigen Flüssigkeit, wie Aether, und des Quecksilbers, welches bekanntlich das Glas nicht näfst, durch Röhren von verschiedenen Durchmessern. Der Aether zeigte ihm beim Ausfliefsen dieselben Gesetze wie das destillirte Wasser. Die Geschwindigkeit des Ausfliefsens wurde als proportional dem Druck gefunden, und bei zwei Versuchen mit Röhren von verschiedenen Durchmessern waren die Ausflufsgeschwindigkeiten genau den Quadraten der Durchmesser proportional.

Allein das Quecksilber zeigte andere Resultate. Nach einigen Versuchen des Hrn. P. näherte sich die Ausflufsgeschwindigkeit sehr der Proportionalität mit der ersten Potenz der Durchmesser. Diese Uebereinstimmung mit dem theoretischen Gesetz erklärt sich leicht. Da nämlich das Quecksilber die Wände der Röhre nicht näfst, so mufs es in seinen einzelnen Fäden eine viel geringere Verschiedenheit der Geschwindigkeit darbieten, und folglich sich mehr den Bedingungen nähern, welche bei der Aufstellung der theoretischen Formel angenommen wurden.

Allein wir müssen hinzusetzen, dafs Hrn. P's. bisherige Versuche über den Ausflufs des Quecksilbers weder

in hinlänglicher Zahl, noch unter recht genügenden Umständen angestellt worden sind, um diese Resultate mit vollem Vertrauen annehmen zu können. Die Kommissäre haben daher geglaubt, den Verfasser zur Fortsetzung seiner Untersuchungen über diesen Gegenstand auffordern zu müssen.

VI. *Ueber einen neuen optischen Versuch; von Sr. Ehrwürden Hrn. S. Earnshaw in Cambridge.*

(*Phil. Mag. Ser. III Vol. XXII p.* 92)

Durch eine Reihe eingeständlich dunkler, aber dessungeachtet auf die Undulationstheorie gestützter Schlüsse hat **Fresnel** für die Schwingungsweiten des von der Oberfläche eines nicht doppeltbrechenden Mittels reflectirten Lichts die Formeln aufgestellt:

$$+a\frac{\sin(i-i')}{\sin(i+i')} \;..\;(A) \text{ und } -a\frac{\tang(i-i')}{\tang(i+i')} \;..\;(B)$$

nämlich die erstere (A) für das in der Reflexionsebene, und die zweite (B) für das winkelrecht gegen dieselbe polarisirte Licht. Es dürfte für keinen unübersteiglichen Einwurf gegen die Annahme dieser Formeln gehalten werden, wenn sie nicht genau die beobachtete Helligkeit darstellen. Nothwendiger ist es dagegen, dafs sie genau mit der Erfahrung in denjenigen Erscheinungen übereinstimmen, welche von der Aenderung der algebraischen Zeichen, oder von der Gleichheit der Intensität beider Lichtarten oder von dem Verschwinden einer derselben abhängen. In allen bisher untersuchten Fällen dieser Art, glaube ich, stimmten die Resultate auch wirklich auf das Befriedigendste. Die Formel (A) ist immer positiv, so lange der Einfallswinkel zwischen 0° und 90° bleibt; (B) ist aber erst negativ, später positiv, und ver-

schwindet an den intermediären Punkten von $i+i'=90^\circ$, genau mit Brewster's Gesetz übereinstimmend. Die vollständige Uebereinstimmung aller dieser Sätze mit der Natur ist durch den K. Astronom im 4. Bande der *Cambridge Transactions* durch eine Reihe sehr interessanter Versuche nachgewiesen worden [1]). Für den äufsersten Fall, dafs $i=90^\circ$, hat Prof. Lloyd im *Vol. XVII* der *Irish Transact.* [2]) durch ein sehr einfaches und elegantes Experiment gezeigt, dafs beide, (A) als (B), strenge richtig sind, sowohl hinsichtlich der algebraischen Zeichen als hinsichtlich der relativen Gröfse der von ihnen dargestellten Schwingungen. In dem andern äufsersten Fall, dafs $i=0$, ist meines Wissens kein sehr genügender Versuch angestellt worden. Ich wage daher einen vorzuschlagen, der, glaube ich, gänzlich neu ist, und hinsichtlich der beobachteten Erscheinung keine Dunkelheit oder keinen Zweifel einhüllt. Man wird bemerken, dafs wenn i sehr nahe 90° ist, die Formeln (A) und (B) werden:

$$+a.\frac{\mu-1}{\mu+1} \text{ und } -a.\frac{\mu-1}{\mu+1}.$$

Sie sind also vollkommen gleich, aber von entgegengesetztem Zeichen, damit anzeigend, dafs beide Arten Licht mit gleicher Intensität reflectirt werden; allein, während die Phase derjenigen Portion, deren Schwingungen winkelrecht gegen die Reflexionsebene sind, ungeändert bleibt, wird die Phase der andern Portion, deren Schwingungen in der Reflexionsebene liegen, um eine halbe Wellenlänge beschleunigt oder verzögert. Wenn also *rechts circular polarisirtes Licht* nahe senkrecht auf eine Glasplatte einfällt, steht nach den Fresnel'schen Formeln zu erwarten, dafs das reflectirte Licht *links circular polarisirt* sey, und so umgekehrt. Ich hoffe, die

1) S. Airy in d. Ann. Bd. XXVI S. 123 und Bd. XXVIII S. 75.

2) Ann. Bd. XXXXV S. 95.

Einfachheit und Neuheit des hier vorgeschlagenen Versuchs werde einen Experimentator veranlassen denselben zu unternehmen. Das Resultat wird ohne Zweifel einen neuen Beitrag zur Liste der eingetroffenen Voraussagen der Undulationstheorie abgeben.

VII. *Ueber eine merkwürdige Eigenschaft des Diamants; von D. Brewster.*

(*Philosoph. Transact. f.* 1841, *pt. 1 p.* 41.)

Vor einigen Jahren, bei gelegentlicher Untersuchung der Structur einer plan-convexen Diamantlinse, welche von mikroskopischen Gegenständen ein dreifaches Bild gab, entdeckte ich, durch ein eigenthümliches Beobachtungsverfahren, dafs ihre ebene Fläche ganz bedeckt war mit Hunderten von kleinen Streifen, welche mehr oder weniger Licht reflectirten; ich zog daraus natürlich den Schlufs, dafs dieser Diamant aus einer grofsen Zahl von Schichten mit verschiedenen Reflexions- und folglich auch Dispersionskräften bestehe, und dafs daraus die Unvollkommenheit desselben als einfaches Mikroskop entspringe. In diesem Falle lagen die Adern oder Schichten ganz oder nahe parallel der Linsenaxe, so dafs sie den schädlichsten Einflufs auf das gebrochene Lichtbündel ausüben mufsten; wären sie senkrecht gegen diese Axe gewesen, würden sie den Gebrauch der Linse nicht beeinträchtigt haben.

Bei Wiederholung von Hrn. Airy's Versuchen über den abändernden Einflufs des Diamants auf die Newton'schen Ringe, nahe beim Polarisationswinkel [1]), wurde ich veranlafst, die ebene Fläche des erwähnten Diamanten abermals zu untersuchen. Ich fand meine früheren Beobachtungen vollkommen bestätigt, kam aber auf Zwei-

1) Annalen, Bd. XXVIII S. 75.

fel an der Richtigkeit des Schlusses, den ich aus ihnen gezogen hatte, und den ich unter den jetzigen Umständen der Erscheinung nicht mehr ziehen konnte.

Um die Gesellschaft in den Stand zu setzen meine neuen Resultate zu beurtheilen, habe ich in Fig. 5 Taf. II das Ansehen der flachen Seite des erwähnten Diamants, wie es bei nahe senkrecht einfallendem Licht erscheint, so genau wie möglich abgebildet. Die flache Seite des Diamants hält 0,058 oder $\frac{1}{17}$ Zoll im Durchmesser, und vermöge der grofsen Convexität seiner andern Fläche stört das von dieser reflectirte Licht nicht die Untersuchung der oben erwähnten Structur.

Das abgebildete Ansehen ist das von mir vor einigen Jahren beobachtete. Als ich indefs die Linie der Beleuchtung verschob, sah ich zu meiner Ueberraschung, dafs *alle dunklen Streifen hell*, *und alle helle Streifen dunkel* wurden, eine Erscheinung, die es aufser Zweifel setzte, dafs *die Streifen die Ränder von Adern oder Schichten waren*, *deren sichtbare Gränzen unter verschiedenen*, *nicht über zwei oder drei Secunden hinausgehenden Winkeln gegen die allgemeine Oberfläche neigten.* Wäre diese Fläche eine natürliche des Krystalls gewesen, so würde deren Structur, abgerechnet die aufserordentliche Kleinheit der Schichten und die schwache Neigung ihrer Endflächen gegen einander, nichts Ueberraschendes gehabt haben; allein es war eine künstliche, angeschliffene, und daher hatte die Erscheinung, welche sie darbot, ein aufserordentliches Interesse.

Der Mineraloge wird diesen Diamanten unbedenklich für einen Theil eines zusammengesetzen Krystalls erklären, bestehend aus vielen Individuen, wie gewisse Exemplare von *Feldspath*, *kohlensaurem Kalk* und anderen Mineralien. Allein schwieriger ist es einzusehen, wie die Endflächen dieser Individuen nach den Operationen des Schleifens und Polirens ihre relativen Neigungen behalten konnten.

Vielen Personen mag diefs unannehmbar scheinen;

allein es giebt verschiedene physische Thatsachen, welche, recht verstanden, die Unwahrscheinlichkeit dieser Annahme verringern müssen. Wenn man eine *Perlmutterplatte* schief gegen die Schichten, aus welchen sie besteht, schleift und polirt, so findet man es unmöglich ihr eine vollkommen ebene Oberfläche zu geben. Selbst wenn man sie auf dem feinsten und weichsten Wetzstein schleift und mit dem sanftesten Pulver polirt, bleibt das Ende jeder Schicht stehen; und während die allgemeine Fläche ein weifses Licht reflectirt, geben die Furchen und Streifen durch Interferenz zu den schönsten prismatischen Bildern Anlafs [1]).

Eine analoge Thatsache zeigte sich mir vor einigen Jahren bei Untersuchung eines *Kalkspaths*. Nachdem ich veranlafst worden, auf einer der Kanten am stumpfen Winkel des Rhomboëders eine künstliche Fläche zu bilden, gebrauchte ich eine grobe Feile ohne Wasser, und fand, dafs Spaltungsflächen zum Vorschein kamen, die nie zuvor gesehen worden, und die gegen die allgemeine, durch die Feile erzeugte Fläche neigten [2]).

Bei Untersuchung der optischen Figuren, welche durch Verletzung (*Disintegration*) von Krystallflächen erzeugt wurden, fand ich, dafs man durch groben Sandstein, durch eine Raspel oder tief gefurchten Feile Krystallisationsflächen mit ihrer natürlichen Politur entblöfsen kann, die verschiedentlich gegen die allgemeine Fläche geneigt sind [3]).

In allen diesen Fällen behalten die durch die mechanische Operation des Schleifens und Polirens blofs gelegten Flächen ihre natürliche Politur, und zwar desto vollkommener und leichter, wenn sie Flächen von leichter Spaltbarkeit sind. Die Leichtigkeit, solche Flächen

1) S. *Philosoph. Transact. f.* 1814.

2) *Edinb, Journ. of Science*, *Oct.* 1828, *Vol. IX p.* 312.

3) *Transact. of the Roy. Soc. Edinb. Vol. XIV.*

durch das Schleifen bloſs zu legen, wächst mit der Dünnheit der Adern oder Schichten, und es ist wahrscheinlich, daſs deren auſserordentliche Kleinheit beim Diamant die Hervorrufung der beschriebenen Structur unterstützt hat.

Die Neigung irgend einer der Flächen mit dem Goniometer zu messen, habe ich ganz unmöglich gefunden; allein es ist mir gelungen, obwohl mit einiger Schwierigkeit, einen Abdruck von der gerieften Fläche auf Wachs zu machen.

Diese Structur erklärt das Daseyn von drei Bildern beim Gebrauch der Linse als Mikroskop hinreichend, ohne daſs man anzunehmen braucht, die Adern hätten verschiedene Brechungskräfte. Flächen von verschiedenen Neigungen müssen natürlich die Strahlen eben so gut nach verschiedenen Punkten der Netzhaut vereinigen, wie wenn bloſs eine Verschiedenheit in ihren Brechungsvermögen vorhanden wäre.

VIII. *Ueber die Erscheinungen bei dünnen Platten von starren und flüssigen Substanzen im polarisirten Licht;* von Sir David Brewster.

(*Philosoph. Transact. f.* 1841, *pt. I p.* 43.)

Einige Versuche mit einem vom Dr. Joseph Reade erhaltenen Exemplar seines schönen, *Iriskop* genannten Instruments lieſsen mich sogleich erkennen, daſs es wohl mit Vortheil zu verschiedenen optischen Versuchen angewendet werden möchte. Dasselbe besteht, der Hauptsache nach, aus einer höchst polirten Platte schwarzen Glases, deren Oberfläche mit einer Lösung feiner Seife bestrichen und darauf mit einem Stücke Gemsleder trok-

ken gerieben ist. Wenn man die so zubereitete Glasfläche durch ein Glasrohr anhaucht, so lagert sich der Dampf in glänzenden Farbenringen ab, deren äufserster schwarz ist, während der innerste verschiedene Farben zeigt oder auch gar keine Farbe, je nach der Menge des abgelagerten Dampfs. Die Farben dieser Ringe, im gemeinen Licht gesehen, entsprechen Newton's *reflectirten* Ringen oder denen mit *schwarzen Mittelpunkten*, mit der einzigen Abweichung, dafs bei der Dampfschicht, welche in der Mitte am dicksten ist, die Ringe im Iriskop schwarze Umfänge haben [1]). Bildet man ein grofses System von Ringen oder lagert man den Dampf in geraden Linien in der Einfallsebene ab, so kann man zugleich die Erscheinungen der Farbenringe oder Farbenstreifen unter verschiedenen Einfallswinkeln beobachten.

Der Erste, welcher die Abänderung der Newton'schen Ringe im polarisirten Licht beobachtete, war Arago, welcher seine Beobachtungen in einer schönen und höchst interessanten Abhandlung im 3. Volume der *Mémoires d'Arcueil* (1817) beschrieben hat. Ohne davon Kenntnifs zu haben, unternahm Airy i. J. 1831 und 1832 dieselbe Untersuchung [2]). Die von ihm beobachteten Erscheinungen waren dieselben, welche Arago zuvor entdeckt hatte, mit Ausnahme der Abänderungen, welche

1) Diese Ringe lassen sich, mit mehr oder weniger Glanz, fast auf allen durchsichtigen Körpern bilden, obwohl ich mehre Substanzen gefunden habe, zuweilen einige Glasstücke, welche nicht die Seife absorbiren. Die Ringe entstehen sowohl auf natürlichen als auf künstlichen Flächen, d. h. sowohl auf durchsichtigen, durch Gufs oder Krystallisation gebildeten Flächen als auf geschliffenen. Die Seife wird nach und nach von dem Dampfe aufgelöst, und mufs daher häufig erneut werden. Ich finde, dafs andere Substanzen, besonders einige Oele, dieselbe Wirkung thun wie Seife; die Ringe verschwinden schnell durch Verdampfung; Glanz und Reinheit ihrer Farbe hängt von der relativen Temperatur des Dampfes und des Glases ab.

2) Ann. Bd. XXVI S. 123 und Bd. XXVIII S. 75, an welchem ersteren Ort auch ein Auszug von Arago's Abhandlung mitgetheilt ist.

die Ringe erfahren, wenn sie durch Pressung einer Linse gegen die Fläche eines Diamants gebildet werden.

Als Arago die Newton'schen Ringe durch Pressung einer Linse gegen eine Glasfläche hervorbrachte, beobachtete er, dafs sie, wie gewöhnlich, einen schwarzen Mittelpunkt hatten, und er mochte sie mit blofsem Auge oder mit einem Kalkspathprisma betrachten, so hatte das einfache oder das doppelte Ringsystem gleiche Farben und gleiche Durchmesser, und dabei waren die Ringe beim Polarisationswinkel des Glases vollständig polarisirt.

Wurde die Linse jedoch gegen einen Metallspiegel gedrückt und mit einem Kalkspathrhomboëder untersucht, so erschienen zwischen der Incidenz 90° und der von 55°, dem Polarisationswinkel des Glases, zwei vollkommen gleiche Bilder. Eins der Bilder verschwand gänzlich bei dem Winkel 55°, wenn der Hauptschnitt des Rhomboëders rechtwinklich oder parallel gegen die Reflexionsebene war. Bei gröfseren Einfallswinkeln erschien es abermals, mit der Eigenthümlichkeit, dafs nun die Farbe jedes seiner Ringe complementar war zu der des entsprechenden Ringes in dem verschwundenen Bilde.

Arago bemerkte ferner, dafs man schon mit blofsem Auge, ohne Hülfe eines Krystalls, leicht wahrnehmen könne, dafs die Ringe bei einem gewissen, nahe an 55° liegenden Winkel aus zwei Reihen von ungleichen Durchmessern bestehen, und dafs diese beiden Ringreihen, weil sie sehr ungleich polarisirt sind, durch das Rhomboëder bedeutend von einander getrennt werden. Er fand auch, dafs diese Erscheinungen nicht entstehen, wenn die Ringe auf *natürlichem Schwefel* oder *Diamant* gebildet werden.

»Wenn die Gegenwart eines Metallspiegels,« sagt Arago, »bei Bildung der Ringe an einer Luftplatte nothwendig ist für die Entstehung der besagten Erscheinungen, so verhält es sich anders, sobald der dünne Körper eine gröfsere Dichte hat, und an einer seiner Seiten

in Berührung steht mit einem anderen Medium von hinreichendem Brechungsvermögen. So zeigt *Steinkohle* auf ihren Spaltungsflächen oft sehr glänzende Farben, erzeugt durch eine ungemein dünne Substanz, und wenn man dieselben, unter hinreichend schiefen Incidenzen, mit einem Rhomboëder untersucht, so werden sie in zwei complementare Bilder zerlegt. Die Farben, welche im Fortgang der Verdampfung einer auf Steinkohle oder eine analoge Substanz geschütteten Schicht von Alkohol oder Sassafrasöl gebildet werden, geben ebenfalls zu zwei ungleichen und entgegengesetzt gefärbten Bildern Anlafs« [1]).

Um die Erscheinungen bei den Dampfringen im Iriskop zu studiren, beleuchtete ich sie mit Licht, welches im Azimuth 90° oder winkelrecht gegen die Einfallsebene polarisirt war; dann untersuchte ich sie mit einem Vergröfserungsglase, so, dafs der Mittelpunkt der Ringe bei Reflexion des Lichts unter etwa 53° 11', dem Polarisationswinkel des Wassers, gesehen wurde. Die sehr auffallende Erscheinung ist in Fig. 6 Taf. II abgebildet. Der centrale Theil *AB* des Systems *CDEF* war ohne Ringe und ohne alle Farbe. Die obere Hälfte *CD* war ein Theil eines Ringsystems mit *weifsen* Umfängen, und war gebildet durch polarisirtes Licht, welches unter einem Winkel gröfser als der Polarisationswinkel des Wassers auf die Dampfschicht einfiel. Dagegen war die untere Hälfte *EF* ein Theil eines Ringsystems mit *schwarzen* Umfängen, ähnlich denen bei gewöhnlichem Lichte sichtbaren; und sie war gebildet durch polarisirtes Licht, welches unter einem Winkel, kleiner als der Polarisationswinkel des Wassers, auf die Schicht einfiel.

Die Abwesenheit der Ringe in dem mittleren Stücke *AB* rührte also davon her, dafs daselbst von der *Vorderfläche* der Schicht kein Licht reflectirt wurde, mit welchem

1) *Mém. d'Arcueil* (1817) *T. III p.* 363.

chem das von der *Hinterfläche* reflectirte hätte interferiren können. Und der Grund der dortigen Lichtreflexion der Hinterfläche war: dafs auf sie das Licht nicht bei ihrem Polarisationswinkel einfiel.

Ich habe anderswo gezeigt [1]), dafs wenn auf ein Glas, dessen Brechungsverhältnifs über 1,508 ist, eine Wasserschicht ausgebreitet wird, es keinen Einfallswinkel an der Vorderfläche der Schicht giebt, welcher den gebrochenen Strahl erlaubte bei dem Polarisationswinkel auf das Glas zu fallen; und dafs daher bei jedem Winkel des Einfalls auf die Schicht, das gebrochene Licht von dem Glase unter Winkeln reflectirt wird, die *kleiner als der Polarisationswinkel der vereinten Media* sind, d. h. kleiner als ein Winkel, dessen Tangente gleich $\frac{m}{m'}$, wo m das Brechungsverhältnifs des Glases und m' das des Wassers ist. Wenn das Brechungsverhältnifs des Glases 1,508 ist, so mufs der Winkel des Einfalls auf die Wasserschicht genau 90° seyn, damit der gebrochene Strahl bei dem Polarisationswinkel dessen Tangente gleich $\frac{m}{m'}$ ist, auf das Glas falle.

Nun entsteht der Theil *CD* der Farbenringe Taf. II Fig. 6 durch Interferenz der beiden Bündel *CA*, *DEB*, Fig. 7 Taf. III, von denen *CA* bei einem *PCA* gröfser als der Polarisationswinkel des Wassers, und der andere *EB* bei einem Winkel, kleiner als dieser, reflectirt ist, wogegen der Theil *EF*, Fig. 6, aus der Interferenz zweier Bündel entspringt, welche beide bei Winkeln *gröfser*, oder *kleiner* als dieser Winkel reflectirt sind. Wir können also annehmen, dafs bei Bildung der Ringe mit einem weifsen Umfang, ähnlich wie bei den Ringen mit einem weifsen Mittelpunkt, eine halbe Undulation verloren gehe, während dieser Verlust stattfindet, wenn gemeine Lichtstrahlen oder zwei an gleicher Seite des Polarisationswinkels reflectirte Bündel interferiren.

Betrachtet man die Ringe bei Winkel zwischen den Incidenzen 0° und 53° 11′, dem Polarisationswinkel des Wassers, so sind sie *schwarz* am Umfang, wie die Portion *EF* in Fig. 6 Taf. II; und sieht man sie bei Incidenzen zwischen 53° 11′ und 90°, so haben sie einen *weifsen* Umfang, wie die Portion *CD* in Fig. 6.

Wenn die Dampfringe auf einer polirten Fläche von *Flufsspath* gebildet werden, treten neue Erscheinungen hinzu. Bei allen Einfallswinkeln, von 0° bis etwa 78° zeigen sich Ringe von gleicher Beschaffenheit wie die beschriebenen; allein das Verhältnifs der Brechungsvermögen von Wasser und Flufsspath ist ein solches, dafs bei einem Einfall von 78° 4′ auf die Dampffläche das auf den Flufsspath einfallende Licht beim Polarisationswinkel des vereinten Medium reflectirt wird. Ist z. B. $m = 1{,}437$, dem Brechverhältnifs des Flufsspaths und $m' = 1{,}336$, dem Brechverhältnifs des Wassers, so wird $m : m' = 1{,}0756$ das Brechverhältnifs der vereinten Medien oder deren Trennungsfläche. Der Polarisationswinkel dieser Fläche wird also ein Winkel seyn, dessen Tangente $= 1{,}0756$ ist, der also 47° 5′ beträgt, und der Einfallswinkel an der Vorderfläche der Wasserschicht, der dem Brechungswinkel 47° 5 oder dem Einfallswinkel an der Hinterfläche entspricht, ist 78° 4′.

Bei einem Einfallswinkel von 78° 4′ werden daher die Ringe gänzlich verschwinden, wie bei 53° 11′, weil das auf den Flufsspath fallende Bündel nicht reflectirt wird. Bei Einfallswinkeln gröfser als 78° 4′ erscheint das Ringsystem mit schwarzen Umfang wiederum, wie bei Einfallswinkeln unter 53° 11′, und bleibt sichtbar bis zur Incidenz 90°, weil nun die interferirenden Lichtbündel beide an der sie reflectirenden Fläche oberhalb des Polarisationswinkels reflectirt werden.

Diesen Versuch mit Dampf und Flufsspath habe ich nicht angestellt, und es mag auch schwierig seyn, die Ringe unter einer so schiefen Incidenz zu sehen. Bildet man die Ringe mit *Seife* auf *Tafelglas*, oder mit *Alkohol*

auf *Flufsspath*, so ist das zweite Verschwinden desselben zu sehen:

$$\frac{\text{Tafelglas}}{\text{Seife}} \quad \frac{m}{m'} = \frac{1,510}{1,487} = 1,0154$$

Polarisationswinkel an der Unterfläche der Seife 45° 26'
Einfallswinkel an der Vorderfläche 71 45

$$\frac{\text{Flufsspath}}{\text{Alkohol}} \quad \frac{m}{m'} = \frac{1,437}{1,370} = 1,049$$

Polarisationswinkel an d. Unterfläche des Alkohols 46° 22'
Einfallswinkel an der Vorderfläche 82 32

Nennen wir m und m' die Brechungsverhältnisse der beiden Substanzen, nämlich der *flüssigen Schicht* und der sie tragenden *Fläche*, und ist m das gröfsere dieser Verhältnisse, so wird ein bei 90° einfallender Strahl die gemeinschaftliche Fläche beider Medien bei dem Polarisationswinkel dieser Fläche treffen, wenn der Refractionswinkel der Vorderfläche gleich ist entweder der Tangente oder der Cotangente des Polarisationswinkels, je nachdem das Brechungsvermögen der flüssigen Schicht kleiner oder gröfser ist als das des Körpers, auf welcher sie ruht.

Wir haben mithin:

$$\sin i' = \frac{1}{m} \text{ oder } \frac{1}{m'}$$

und:

$$\tang i' = \frac{m}{m'}, \text{ oder } \cot i' = \frac{m}{m'}$$

und:

$$m = \frac{m'}{\sqrt{m'^2 - 1}} \text{ und } m' = \frac{m}{\sqrt{m^2 - 1}}$$

wenn ein bei 90° einfallender Strahl an der Unterfläche polarisirt wird oder auf sie beim Polarisationswinkel einfällt.

Diefs setzt uns in den Stand zu entdecken, zwischen welchen Gränzen von Brechungsvermögen das zweite Verschwinden der Ringe stattfinden kann, und folglich, wel-

che Substanzen anzuwenden sind, um dasselbe zu beobachten. Auf diese Weise erhalten wir für die mittleren Strahlen des Spectrums folgende Resultate:

m'.	$\frac{m'}{\sqrt{m'^2-1}}$ oder m.	m'.	$\frac{m'}{\sqrt{m'^2-1}}$ oder m.
3,000	1,061	1,554	1,307
2,500	1,090	1,508	1,336
2,000	1,154	1,500	1,341
1,900	1,176	1,400	1,428
1,800	1,202	1,336	1,508
1,700	1,236	1,307	1,554
1,600	1,281		

Die Gränzen, bei denen das zweite Verschwinden der Ringe stattfinden kann, sind also 1,554, das Brechverhältnifs für *Quarz* und *Flintglas*, und 1,307 das für Eis. Wiewohl ihr Abstand sehr beschränkt ist, so schliefsen sie doch eine beträchtliche Mannichfaltigkeit von starren und flüssigen Substanzen ein. Ich habe die Brechverhältnisse des *Tabasheer* und der durch Compression der Gase entstehenden Flüssigkeiten ausgelassen, ungeachtet die Brechvermögen derselben unter 1,307 liegen, weil sie zu der gegenwärtigen Untersuchung nicht angewandt werden können.

Wenn m und m' in dieser Beziehung stehen, so werden die *Ringe mit weifsem Mittelpunkt* genau verschwinden, wenn $i=90°$, weil dann das Licht auf die zweite Fläche beim Polarisationswinkel einfällt. Gebraucht man aber eine Schicht von noch geringerem Brechungsvermögen in Bezug auf den zweiten Körper, so fallen die gebrochenen Strahlen bei einem Winkel *gröfser* als der Polarisationswinkel auf die zweite Fläche (i noch gleich 90° gesetzt), und folglich werden *die Ringe mit schwarzem Mittelpunkt wieder erscheinen;* auch wird es an der flüssigen Schicht einen Einfallswinkel I kleiner als 90° geben, bei welchem der

Brechungswinkel i' gleich ist dem Polarisationswinkel an der zweiten Fläche. Dieser Winkel ergiebt sich aus dem Ausdruck:

$$\sin I = \frac{m m'}{\sqrt{m^2 + m'^2}}.$$

Wenn $m = m'$ bilden sich gar keine Ringe, weil an der gemeinschaftlichen Fläche kein Licht reflectirt wird; ist aber $m = m'$ nur für eine besondere Farbe in dem Spectrum jeder Substanz, und weichen diese Brechverhältnisse für andere Farben bedeutend ab, so entstehen Ringe, in welchen diejenige Farbe vorwaltet, für welche $m > m'$ oder $m < m'$. Diefs findet in merkwürdiger Weise beim *Cassiaöl* und *Flintglase* statt, bei welchem $m = m'$ für *rothe*, und $m > m'$ für *blaue* Strahlen. Die Folge hievon ist, dafs eine Menge *blauen* Lichts von der Trennungsfläche des Oels und des Glases reflectirt wird, und wenn man also eine hinreichend dünne Schicht von Cassiaöl auf Glas ausbreitet, wird *Blau* sehr in dem Ringsystem vorwalten.

Bisher war das Azimuth des polarisirten Lichts 90° oder winkelrecht gegen die Reflexionsebene. Jetzt wollen wir annehmen, diefs Azimuth gehe durch Drehung der polarisirenden Fläche oder des polarisirenden Krystalls allmälig von 90° zu 0° über.

Bei allen Azimuthen von 90° zu 0° sieht man die Ringe mit dem schwarzen Umfang zwischen den Einfallswinkeln 0° und 53° 11′ einschliefslich; allein zwischen 53° 11′ und 90° kommen beim Iriskop sehr interessante Erscheinungen vor. Zuerst wollen wir beschreiben, was bei 56° 45′, dem Polarisationswinkel des schwarzen Glases stattfindet. Bei diesem Winkel wird nichts von dem polarisirten Licht reflectirt, wenn das Azimuth 90° ist, und man sieht nun schön die Ringe mit weifsem Umfang auf dem schwarzen Grund des Glases, welches jetzt kein Licht zurückwirft. So wie das Azimuth in 89°, 88° etc. übergeht, reflectirt das schwarze Glas

etwas Licht, und die beiden Flächen der Schicht reflectiren etwas mehr Licht, die Ringe werden immer schwächer und schwächer, bis sie bei einem Azimuth von etwa 79° 0' eben so vollständig verschwinden, als sie es bei dem von 53° 11' und in dem Azimuth 90° thaten. Beim Eintritt dieses Verschwindens scheint das vom Glase reflectirte Licht genau demjenigen gleich zu seyn, welches von beiden Flächen der Schicht reflectirt wird. Bei andern Einfallswinkeln verschwinden die Ringe auch bei andern Azimuthen, welche von 90° bis etwa 45° schwanken, so wie der Einfallswinkel von 53° 11' bis 90° verändert wird. Ich fand es jedoch schwierig diese Azimuthe mit einiger Genauigkeit zu messen, da die Ringe nicht permanent waren. Ich war daher genöthigt die Farben dünner Plättchen auf stark brechende Substanzen zu bilden, wie auf *Diamant*, *chromsaurem Bleioxyd*, *künstlichem Realgar*, *Greenockit* (der stärkst brechenden aller Substanzen), welche hohe Polarisationswinkel haben. Eine Seifenlösung gab nach dem Trocknen glänzende Farben, und auf diese Weise erhielt ich die folgenden Resultate mit der Oberfläche eines sehr feinen Diamants. Das Brechverhältnifs der Seife war 1,475 und das des Diamants 2,44; der Polarisationswinkel jener 55° 52' und der dieses 67° 43'.

Einfallswinkel des polarisirten Lichts.	Azimuth der Polarisationsebene, bei welchem die Ringe verschwinden.	
	Beobachtet.	Berechnet.
55° 52'	90° 0'	90° 0'
60	73 0	74 27
65	68 30	67 49
67 43	66 20	65 10
70	63 30	63 14
75	59 15	58 23
90		46 30

Da das Verschwinden der Ringe nicht, wie bei 55° 52', aus der Verlöschung eines der interferirenden

Bündel entsprang, indem von beiden Flächen der Schicht eine hinreichende Menge polarisirten Lichts reflectirt ward, so stand zu glauben, es hätte darin seinen Grund, dafs die beiden Bündel gegen einander rechtwinklich polarisirt wären, gemäfs dem von mir in einem früheren Aufsatz gegebenen Gesetz über die Wirkung der Hinterflächen von Platten [1]).

Nennt man x das Azimuth der ursprünglichen Polarisation, i den Einfallswinkel an der *Vorderfläche* der Schicht, i' den entsprechenden Brechungswinkel und folglich den Einfallswinkel an der *Hinterfläche*, i'' den Brechungswinkel an dieser *Hinterfläche*, und ferner φ die Neigung der Polarisationsebene des reflectirten Bündels CA (Taf. II Fig. 7), φ' die des gebrochenen Bündels CD, φ'' die des reflectirten Bündels DE und φ''' die des gebrochenen Bündels EB, welcher mit CA interferirt; dann haben wir nach Fresnel's Formel für den Strahl CA:

$$tang\,\varphi = tang\,x\,\frac{cos\,(i+i')}{cos\,(i-i')}$$

und nach meiner Formel [2]):

$$cos\,\varphi' = cot\,x\,cos\,(i-i')$$

$$tang\,\varphi' = tang\,x\,\frac{1}{cos\,(i-i')}$$

$$tang\,\varphi'' = tang\,x'\,\frac{cos\,(i'+i'')}{cos\,(i'-i'')}.$$

Allein, nach einer Refraction:

$$tang\,x' = tang\,\varphi = tang\,x\,\frac{1}{cos\,(i-i')},$$

mithin:

$$tang\,\varphi'' = tang\,x\,.\,\frac{1}{cos\,(i-i')}\,.\,\frac{cos\,(i'+i'')}{cos\,(i'-i'')}$$

1) *Philosoph. Transact. f.* 1830, *p.* 148, 149. (Annalen, Bd. XIX S. 518.)

2) *Ibid.*

und:

$$\cos\varphi'' = \frac{1}{\tang x} . \cos(i-i') \frac{\cos(i'-i'')}{\cos(i'+i'')} .$$

Multiplicirt man diefs durch $\cos(i-i')$ wegen Aenderung der Ebene, bewirkt durch die zweite Brechung bei E, so hat man für den Strahl EB:

$$\cos\varphi''' = \cot x \cos^2(i-i') \frac{\cos(i'-i'')}{\cos(i'+i'')} .$$

Nun haben die beiden interferirenden Bündel, nämlich CA und EB, ihre Polarisationsebenen unter den Winkeln φ und φ''' gegen die Reflexionsebene geneigt; damit aber diese beiden Winkel complementar zu einander seyen oder 90° mit einander machen, müssen wir haben $\tang\varphi = \cot\varphi'''$ oder:

$$\tang x \frac{\cos(i+i')}{\cos(i-i')} = \cot x \cos^2(i-i') \frac{\cos(i'-i'')}{\cos(i'+i'')}$$

und folglich:

$$\tang^2 x = \cos^2(i-i') \frac{\cos(i-i')}{\cos(i+i')} . \frac{\cos(i'+i'')}{\cos(i'-i'')}$$

und:

$$\tang x = \cos(i-i') . \sqrt{\left(\frac{\cos(i-i')}{\cos(i+i')} . \frac{\cos(i'-i'')}{\cos(i'+i'')}\right)}$$

Beim Einfallswinkel 90° ist $\cos(i+i') = \sin i'$ und $\cos(i-i') = \sin i'$ und hieraus:

$$\tang x = \frac{1}{m} \sqrt{\frac{\cos(i'-i'')}{\cos(i'+i'')}} .$$

Berechnet man nun nach diesen Formeln die Werthe von x für die verschiedenen Einfallswinkel der vorhergehenden Tafel und zieht sie von 90° ab, so erhalten wir die Zahlen der dritten Kolumne der Tafel, welche innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler mit den gemessenen übereinstimmen. Für den Fall mit *Wasser* und *Glas*, wo die Azimuthe des Verschwindens zu etwa 79° oder 11° beobachtet wurden, giebt überdiefs die Formel 79° 28′ oder 10° 32′ bei einem Einfallswinkel von 56° 45′.

Zur Ermittlung der Relation zwischen der gegenseitigen Neigung der Polarisationsebenen der interferirenden Bündel, wenn sie *Ringe mit schwarzen* oder *mit weifsen* Mittelpunkt bilden, habe ich für den Einfallswinkel 56° 45′ folgende Tafel berechnet:

Azimuth des polaris. Lichts.		$+\varphi$.		$-\varphi'''$.		Schicht aus Wasser u. Glas Neigung d. Ebenen φ u. φ'''		
90°	0′	90°	0′	90°	0′	180°	0	Ringe mit weifsem Centrum
87	30	74	43	82	45	157	28	
85		49	30	75	4	124	34	
79	28	28	26	61	34	90	0	Keine Ringe
70	0	15	28	43	19	58	47	Ringe mit schwarzem Centrum
45	0	5	45	18	57	24	42	
35	0	4	3	13	3	17	6	
20	0	2	6	7	7	9	13	
0	0	0	0	0	0	0	0	

Nimmt man φ *positiv* oder an der *rechten* Seite der Polarisationsebene, so mufs φ''' *negativ* oder an der *linken* Seite dieser Ebene genommen werden [1]); folglich werden $+\varphi$, $-\varphi'''$ die gegenseitigen Neigungen der Polarisationsebenen der interferirenden Bündel seyn, und somit erhalten wir das wichtige Gesetz:

Wenn zwei polarisirte Lichtbündel, reflectirt von den Flächen einer dünnen Platte, die auf einer reflectirenden Ebene von anderem Brechvermögen liegt, mit einander interferiren, so geht keine halbe Undulation verloren oder es werden Ringe mit w e i f s e m *Mittelpunkt gebildet, vorausgesetzt die gegenseitige Neigung ihrer Polarisationsebenen ist gröfser als 90°. Ist diese Neigung kleiner als 90°, so geht eine halbe Undulation verloren und es entstehen Ringe mit schwarzem Mittelpunkt; ist endlich die Neigung genau 90°, so interferiren die Lichtbündel nicht und es werden keine Ringe gebildet.*

(Schlufs im nächsten Heft.)

1) *Phil. Transact. f.* 1830, *p.* 70.

IX. *Eine Abänderung der Atwood'schen Fallmaschine; von Hrn. Dupré.*

(*Compt. rend. T. XVI p.* 88.)

Veranlafst durch die Unvollkommenheiten der Maschinen, welche man in physikalischen Vorlesungen zum Erweise der Fallgesetze anwendet, habe ich statt ihrer das folgende Instrument erdacht.

Ein horizontaler Kreis von etwa 0,8 (vielleicht Decimeter? *P.*) Durchmesser und einer Theilung in 100 gleiche Theile auf dem Umfang bewegt sich gleichförmig um seine, senkrecht stehende Axe, z. B. zwei Mal in einer Secunde. Neben dem Kreise, dicht an seinem Umfang, ist ein senkrechter, in Centimeter getheilter Ständer, welcher vier kleine horizontale Hebel trägt; sie liegen in einer durch den Mittelpunkt des Kreises gehenden Ebene und in Höhen von $0^m,136$, $0^m,545$, $1^m,226$ und $2^m,180$, welche sich wie 1^2, 2^2, 3^2, 4^2 verhalten. Auf die über dem Rand des Kreises befindlichen Enden dieser Hebel werden Bleikugeln gelegt, die mit schwach angefeuchtetem und verschiedenartig gefärbtem Staube überzogen sind. Ein fünfter Hebel, etwas länger als die übrigen, ist so gestellt, dafs sein Ende die Fläche des Kreises, sehr dicht am Umfange, streift. Die entgegengesetzten Enden dieser Hebel sind befestigt an einer und derselben senkrechten Leiste, mit welcher sie bewegliche Winkel bilden.

Wenn man dieser Maschine die mögliche Einfachheit ganz erhalten will, so setzt man den Kreis mit der Hand in Bewegung, wobei man ihm, wenn seine Axe zweckmäfsig aufgestellt ist, leicht fünf- oder sechshundert Umgänge durch einen einzigen Impuls einprägt. Man begreift, dafs dann die Abnahme der Geschwindigkeit

während Eines Umgangs zu vernachlässigen ist, und die Bewegung als gleichförmig angesehen werden kann. Nach diesem Impuls hebt man plötzlich die Leiste, die Hebelarme, welche die Kugeln tragen, senken sich und lassen sie gleichzeitig frei durch die Luft hin fallen. Beim Aufschlagen auf den Kreis machen diese Kugeln Flecke und auch der untere Hebel hinterläfst eine Spur, aber von geringer Ausdehnung, weil er so construirt ist, dafs er sogleich, nachdem er den Kreis berührt, sich wieder hebt. Die Abstände zwischen diesem letzten Flecke und jedem der übrigen enthalten die Zahlen von Abtheilungen, welche sich wie 1, 2, 3, 4 verhalten. Da nun die durchlaufenen Räume, vermöge der Construction, sich wie 1^2, 2^2, 3^2, 4^2 verhalten, so ist dadurch erwiesen, dafs sie im Verhältnifs der Quadrate der Zeiten stehen. Durch einfache und leichte Schlufsfolgen ergiebt sich, dafs die Geschwindigkeiten den Zeiten proportional sind, und dafs die Geschwindigkeit, nach Verlauf einer Secunde, das Doppelte des Raumes ist, der während der ersten Secunde durchfallen wurde.

Die Annäherung, auf welche man rechnen kann, ist weit gröfser als bei der Atwood'schen Maschine, wo die Verlangsamung des Falls die Resultate in einer gröfseren Uebereinstimmung mit den Gesetzen erscheinen läfst, als in Wirklichkeit stattfindet. Da nämlich der Fehler in der Anzahl der Abtheilungen nicht eine halbe betragen kann, so ist der Fehler in der Bestimmung der Fallzeit geringer als $\frac{1}{400}$ Secunde, die Zeit, die einer halben Abtheilung entspricht. Sie war bei Versuchen, die ich mit einem rohen Instrument machte, geringer als $\frac{1}{300}$ Secunde.

Leicht würde man einen weit höheren Grad von Genauigkeit erreichen, wenn man das Instrument sorgfältiger construirte; allein es wäre dann nöthig im Vacuo zu operiren, und das würde den Preis des Instruments bis auf den der Atwood'schen Maschine erhöhen. In

diesem Fall müfste übrigens ein Uhrwerk die Scheibe in Bewegung setzen, und, zu einem bestimmten Zeitpunkt, einen Sperrhaken auslösen, welcher die Hebel plötzlich niederliefse. Der untere Hebel könnte dann fehlen, da die Lage des Sperrhakens den Ausgangspunkt der Kugeln kennen lehrte [1]).

X. *Vermischte chemische Beobachtungen;* *von E. Mitscherlich.*

(Aus den Monatsberichten der Academie. Januar 1843.)

Hr. M. zeigte Krystalle von schwefelsaurem Kali vor, deren Form ein Rhomboëder ist. Die Endfläche *o*, welche die Spitze des Rhomboëders ersetzt, ist bei diesen Krystallen sehr stark ausgebildet, so dafs sie ganz das Aussehen der tafelförmigen Krystalle des Eisenglanzes haben. Bei den meisten derselben beobachtet man aufser dieser nur die Rhomboëderflächen, bei einigen, aber in der Regel nur sehr klein, ein zweites Rhomboëder von gleichem Werth, und zuweilen die Flächen des dazu gehörenden sechsseitigen Prismas, Taf. III Fig. 1. Die Nei-

1) Bei dieser Gelegenheit ist es wohl nicht unpassend, der sinnreichen Einrichtung zu erwähnen, durch welche Hr. Mechanikus Oertling hieselbst schon seit einiger Zeit die Atwood'sche Maschine wesentlich vereinfacht hat. Sie besteht der Hauptsache nach darin, dafs die Axe des Rades, über welches die Schnur hinweggeht, mit ihren kegelförmigen Enden in kegelförmigen Pfannen von etwas stumpferem Winkel als jene Enden läuft, was zur Folge hat, dafs nur sehr kleine Stücke der kegelförmigen Flächen mit einander in Berührung kommen. Hiedurch wird eine Beweglichkeit des Rades erlangt, welche die sonst übliche Unterlage von Reibungsrädern vollkommen überflüssig macht. Auch die Vorrichtung zum Loslassen der Gewichte (die auch wohl bei dem Dupré'schen Instrumente einer Verbesserung bedürfte) ist vollkommener wie gewöhnlich. *P.*

gung der Rhomboëderflächen gegen die Fläche *o* beträgt nahe 124°; die Krystalle enthalten nichts anderes als schwefelsaures Kali. Dieselben Flächen, nahe mit derselben Neigung, kommen bei der prismatischen Form dieses Salzes vor, und man könnte glauben, dafs die rhomboëdrische Ausbildung der Flächen nur etwas Zufälliges sey, und die abweichenden Winkel davon herrühren, dafs die Krystalle nicht scharf genug zu messen sind. Untersucht man jedoch das Verhalten der Krystalle gegen das polarisirte Licht, so findet man, dafs sie sich ganz wie Rhomboëder verhalten. Die Art und Weise, wie diese Krystalle sich gebildet haben, insbesondere die Temperatur und die Zusammensetzung der Flüssigkeit, müssen die Winkel der prismatischen Form so verändert haben, dafs daraus ein Rhomboëder geworden ist. Diese Veränderung beträgt übrigens nicht einmal $\frac{1}{2}$°; während das saure arseniksaure Kali, je nachdem es aus einer Auflösung, in welcher Säure vorherrschend oder in welcher das neutrale Salz zugleich mit enthalten war, krystallisirte, eine Winkelverschiedenheit von mehr als 1° zeigt. Schwefelsaures Natron enthielten die Krystalle nicht; obgleich es in der Flüssigkeit, worin sie sich gebildet hatten, enthalten war. Auch scheint ein eigenthümliches Doppelsalz von schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Natron nicht zu existiren, sondern nur Zusammenkrystallisationen vorzukommen; während man mit schwefelsaurem Ammoniak das schwefelsaure Natron zu einem schön krystallisirten Doppelsalze $\mathrm{NH^3\dot{H}\dddot{S}+\dot{Na}\dddot{S}+4\dot{H}}$ verbinden kann, welches aus gleichen Atomen beider Salze und 4 Atomen Wasser besteht. Die Form dieser Krystalle ist ein gerades rhombisches Prisma mit den Flächen *MP*, den Rhomben-Octaëderflächen *o* und den Rectangulär-Octaëderflächen *ae* und mit den Flächen 2*a* und *h*. *M* : *M*=51° 50′; *M* : *h*=115° 55′; *a* : *a*=144° 52′; *a* : *P*=162° 26′; 2*a* : 2*a*=115° 20′; 2*a* : *P*=147° 40′; *P* : *h*=90°. (S. Fig. 2 und 3 Taf. III.)

Auch das schwefelsaure Lithion verbindet sich mit schwefelsaurem Natron zu einem Doppelsalz $\dot{N}a\dddot{S} + ?\dot{L}\dddot{S} + 6\dot{H}$, deren Form ein spitzes Rhomboëder ist, dessen Flächen P sich gegen einander unter 77° 32′ neigen. Beide Doppelsalze krystallisiren nur aus einer Auflösung, welche schwefelsaures Ammoniak oder schwefelsaures Lithion im Ueberschufs enthält; löst man sie wieder in Wasser auf, so zerlegen sie sich beim Krystallisiren, indem schwefelsaures Natron zuerst anschiefst.

Das rhomboëdrische schwefelsaure Kali erhielt Hr. M. von Hrn. Tennant, Vorsteher der Mac-Intoshschen Fabrik bei Glasgow; es wird dort bei der Raffination des Kelps gewonnen. Man löst den Kelp vermittelst Wasserdampf auf; 60 Theile bleiben ungelöst; die Auflösung wird eingedampft. Beim Eindampfen scheiden sich Natronsalze aus. Läfst man die Flüssigkeit erkalten, so bildet sich auf der Oberfläche eine Krystallkruste von schwefelsaurem Kali, und Chlorkalium krystallisirt heraus. Die Mutterlauge dampft man wieder ein und behandelt sie wie die erste Auflösung; diese Operation wiederholt man 7 bis 8 Mal, ehe man die Mutterlauge zu der bekannten Joddarstellung verwendet.

Die grofse Menge von Kalisalzen, welche im Verhältnifs zu den Natronsalzen aus diesem Kelp gewonnen werden, bewog seinen Reisegefährten, Hrn. Nordmann, sich gröfsere Mengen von *Fucus palmatus*, woraus dieser Kelp gewonnen wird, zu verschaffen. Es bot sich dazu eine gute Gelegenheit am Giants-Causeway in Irland dar, wo die Einwohner auf dem dortigen Basaltfelsen diese Pflanzen trocknen und am Ufer zu Kelp verbrennen. Er hat den Aschengehalt der trocknen Pflanzen bestimmt und analysirt. Der grofse Gehalt an Kali und phosphorsaurer Kalkerde sind in dieser Pflanze höchst merkwürdig; da phosphorsaure Kalkerde und Kali in höchst geringer Menge im Meerwasser enthalten sind, so dafs man also recht deutlich hieraus ersieht, dafs diese

Substanzen für die Entwicklung der Pflanzen selbst nothwendig seyn müssen, da diese sie aus dem Meereswasser, in welchem nur kleine Spuren davon vorkommen, herausziehen, und mitten in einer Flüssigkeit, die ein ausziehendes Vermögen auf diese Substanzen besitzt, zurückhalten. Ueberhaupt bieten diese und andere Pflanzen, die unter der Oberfläche des Wassers sich entwikkeln, die besten Anhaltspunkte dar, um zu entscheiden, welche Salze für die Entwicklung und das Bestehen einer Pflanze nothwendig sind. Hr. Nordmann hat in dieser Beziehung auch die Asche von verschiedenen, in der Havel wachsenden Pflanzen und das Havelwasser selbst untersucht, und beschäftigt sich auch noch jetzt damit. Es steht zu erwarten, dafs diese Untersuchung eine interessante Zugabe zu den Resultaten, welche Hr. Prof. Schulze in seiner Preisschrift niedergelegt hat, liefern wird.

Darauf theilte Hr. M. Beobachtungen über die Zersetzung des Chlorkalks mit, auf welche Hr. Walter Crum in Glasgow ihn aufmerksam gemacht hatte. Dieser hatte nämlich gefunden, dafs Chlorkalklösungen sich unter Sauerstoffentwicklung rasch zersetzen, wenn sie mit Metalloxyden, z. B. mit Hähnen, die auf ihrer Oberfläche oxydirt sind, in Berührung kommen, und er schrieb diese Erscheinung der Contactwirkung dieser Metalloxyde zu, weil diese sich nicht dabei verändern. Durch Versuche, die der Verf. hier anstellte, hat er sich überzeugt, dafs Mangansuperoxyd, Eisenoxydhydrat, Kupferoxyd u. a. Metalloxyde zu einer Chlorkalklösung gesetzt, reichlich Sauerstoff entwickeln, während diefs nicht stattfindet, wenn man die reine Lösung sich selbst überläfst; wird sie dagegen mit einer Säure, z. B. Salpetersäure, versetzt, so ändert sich, wie diefs besonders Gay-Lussac gezeigt hat, die unterchlorichtsaure Kalkerde in Chlorcalcium und chlorsaure Kalkerde um. Bei einer Temperatur von ungefähr $+4^{\circ}$ sind Quecksilberoxyd und über-

schüssige Kalkerde gar nicht, geglühtes Eisenoxyd kaum wirksam, Kupferoxyd sehr wenig, Mangansuperoxyd dagegen wirkt fortdauernd zersetzend, wenn auch nur sehr langsam.

XI. *Nachtrag zu dem Aufsatz: Ueber einige Salze der Unterschwefelsäure und ihre Verbindungen mit dem Ammoniak* [1]*;*
von C. Rammelsberg.

Unterschwefelsaures Quecksilberoxyd.

Aufser einigen Beobachtungen von Heeren [2]) ist über die Quecksilbersalze der Unterschwefelsäure nichts bekannt geworden.

Schüttelt man Unterschwefelsäure mit frisch gefälltem Quecksilberoxydul, so löst es sich auf, und man erhält beim Verdampfen ein weifses, undeutlich krystallisirtes Salz, dessen Analyse folgende Resultate gab:

1,797 Grm. wurden in verdünnter Salpetersäure aufgelöst und mit Chlorwasserstoffsäure digerirt, bis sämmtliches Quecksilber oxydirt war, worauf die Flüssigkeit im Wasserbade bis zur Trockne verdampft wurde. Aus dem wieder aufgelösten Rückstande wurde das Quecksilber durch Schwefelwasserstoffgas ausgefällt; es gab 1,498 Schwefelquecksilber = 1,3436 Oxydul = 74,78 Procent.

Daraus ergiebt sich, dafs das Salz ein neutrales ist, $\dot{Hg}\,\dddot{S}$, dessen Zusammensetzung ist:

Queck-

1) Im vorhergehenden Heft, S. 295.

2) Diese Annalen, Bd. VII S. 190.

Quecksilberoxydul	74,47
Unterschwefelsäure	25,53
	100.

Das Salz löst sich in Wasser schwierig auf, leicht in verdünnter Salpetersäure. Beim Erhitzen mit Wasser wird es geschwärzt. Alkalien scheiden Quecksilberoxydul aus. Trocken erhitzt, giebt es metallisches Quecksilber und schwefelsaures Quecksilberoxyd neben freier Schwefelsäure.

Unterschwefelsaures Quecksilberoxyd.

Dieses Salz existirt in neutralem Zustande nicht. Denn wenn man Quecksilberoxyd mit Unterschwefelsäure digerirt und die Auflösung gelinde verdampft, so krystallisirt schwefelsaures Quecksilberoxydul heraus und freie Schwefelsäure bleibt zurück.

Bei einem der zu diesem Zweck angestellten Versuche, bei welchem etwas mehr Quecksilberoxyd als zur Sättigung nothwendig war, angewendet wurde, blieb der Ueberschufs in Form eines gelblichweifsen Pulvers ungelöst, welches ein basisches Salz zu seyn scheint. Es wird von Kali, unter Abscheidung von Quecksilberoxyd, zerlegt, ist in verdünnter Chlorwasserstoffsäure löslich. Beim Erhitzen zischt es, und verwandelt sich zum Theil in schwefelsaures Quecksilberoxydul und Metall.

Aus 0,71 Grm., welche in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst worden, wurde das Quecksilber nach der Neutralisation durch Natron mittelst ameisensauren Alkalis gefällt. 0,625 Chlorür = 0,574 Quecksilberoxyd.

Die Flüssigkeit wurde verdampft, die Unterschwefelsäure des Rückstandes durch Königswasser oxydirt und durch Chlorbaryum gefällt. 0,46 schwefelsaurer Baryt = 0,14235 Unterschwefelsäure. Folglich in 100 Theilen:

			Berechnet.
Quecksilberoxyd	80,84	5 At.	79,10
Unterschwefelsäure	20,05	2 -	20,90
	100,89		100.

Danach wäre die Verbindung $\dot{H}y^5 \ddot{\ddot{S}}^2$. Vielleicht enthält sie etwas freies Quecksilberoxyd.

XII. *Ursprüngliche Lagerstätte der Diamanten.*

In neuerer Zeit sind in Brasilien die Diamanten auf ihrer ursprünglichen Lagerstätte aufgefunden, nämlich in dem Itacolumit (quarzigen Glimmerschiefer) der *Serro von Grammagoa*, am linken Ufer des *Corrego dos Rois*, 43 portugiesische Meilen nördlich der Stadt *Tijuco* oder *Diamantina*. Die Geröllllagen, aus denen bisher die Diamanten gewaschen wurden, liegen ebenfalls in dem Gebiet des Itacolumits, und mehre Jahre lang sind sie aus diesem ihren Muttergestein gewonnen worden, indem man dasselbe mit Pulver sprengte, die Gesteinstücke mit dem Hammer zerkleinerte und in der Batea auswusch. Jetzt hat man diese Gewinnung aufgegeben, da das Gestein, je tiefer man kam, um so fester ward, und die Gewinnung der Diamanten aus den tiefen Schichten desselben mehr Schwierigkeiten darbot als das Auswaschen aus den Geröllllagen. Hr. Lomonossoff hat dergleichen Itacolumitstücke mit eingewachsenen Diamanten aus Brasilien nach Paris gebracht, und seitdem sind diese Stücke auch nach Berlin gekommen, wo sie durch den K. Russ. Gesandten, Hrn. v. Meyendorff, den hiesigen Mineralogen vorgelegt wurden. Die Diamenten sind von verschiedener Gröfse mit abgerundeten, aber glänzenden Flächen, fest eingewachsen in das Muttergestein. Eine in Paris vorgenommene optische Untersuchung hat gezeigt, dafs die Krystalle das Licht nur einfach brechen und gleichen Polarisationswinkel wie ein ostindischer Diamant besitzen, also wirklich Diamanten sind, wofür sie übrigens das geübte Auge eines Mineralogen auch sogleich erkennen mufs.

XIII. *Bemerkungen zu den Göttinger gelehrten Anzeigen* 1842, *St.* 74 *bis* 77; *von K. Kreil.*

Göttingen hat sich in neuester Zeit im Fache des Magnetismus zu so verdientem Ansehen emporgeschwungen, dafs alles, was von dort kommt, berücksichtigt zu werden verdient. Diefs veranlafst mich, der in oben erwähnten Blättern erschienenen Recension meiner magnetischen Beobachtungen einige Bemerkungen beizufügen, obschon ich von wissenschaftlichen Streitigkeiten eben kein Freund bin, und in diesem Falle insbesondere noch gerne ein Paar Jahre gewartet hätte, bis die von andern Beobachtern gewonnenen Resultate den Werth oder Unwerth der meinigen gezeigt hätten; denn über Thatsachen, die aus Wahrnehmungen geschöpft wurden, können nur wieder genauere Wahrnehmungen, nicht aber Speculation oder Rechnung entscheiden. Diese führen, wenn sie sich solches anmafsen, oft zum Irrthume, wie die Geschichte der Wissenschaften zur Genüge dargethan hat. Da aber der Handschuh geworfen ist, und von so ehrenwerther Hand geworfen wurde, so mag er aufgehoben werden; möglich ist es doch, dafs die Wissenschaft auch von solchen Erörterungen etwas gewinnt.

Dr. Goldschmidt bedauert zu wiederholten Malen (S. 742 und 751), dafs meinem Eifer nicht bessere Mittel zu Gebote stehen. In dieses Bedauern und in die daraus folgenden frommen Wünsche kann wohl Niemand inniger einstimmen, als ich. Wäre ich mit einem magnetischen Observatorium und mit genauen Apparaten versehen, so könnte auch ich meinen Arbeiten jenen Glanz der Vollendung und äufseren Uebereinstimmung verleihen, der an denen anderer Beobachter bewundert wird, und befände mich jetzt nicht in der unangeneh-

men Lage, meine Beobachtungen gegen scheinbar gegründete Angriffe erst vertheidigen zu müssen. Aber eben in dieser Ueberzeugung der geringeren Sicherheit meiner Beobachtungen liegt die Antwort auf den ersten Vorwurf, den mir der Recensent (S. 799) macht, dafs ich nämlich durch eine scharfe Berechnung eine um zehn Secunden genauere Declination hätte erhalten können. Scharfe Berechnungen sind ganz an ihrem Platze, wo man es mit scharfen Beobachtungen zu thun hat; diese nach ungenauer Methode zu behandeln ist leichtsinnig, aber es ist auch zwecklos, ganz genaue Rechnungsmethoden anwenden und einzelne Secunden gewinnen zu wollen, wo eine Uebereinstimmung auf Minuten kaum zu erwarten ist. Die hiezu erforderliche Zeit glaubte ich bei der grofsen Menge des Materials, das zu verarbeiten war, anderswo nützlicher anwenden zu können.

Eine zweite Folge des geringen Grades der Sicherheit meiner Beobachtungen ist die, dafs ich dem ganzen Beobachtungsplane eine angemessene Einrichtung geben mufste. Es mufste durch die *Menge* der Aufzeichnungen und durch ihr Zusammendrängen in möglichst enge Zeitintervalle das einigermafsen gewonnen werden, was durch die ungünstigen Umstände verloren ging. Ich hoffe, dafs diefs auch erreicht wurde. Denn wenn mir der Recensent beweist (S. 742), dafs hundert von mir angestellte Beobachtungen kaum eine so grofse Sicherheit gewähren, als eine einzige in Göttingen gemachte, so kann ich diefs nur bedauern, und mich höchstens mit dem Gedanken trösten, dafs auch hundertjährige Beobachtungen in Göttingen zwei Mal des Tages, um 8^h und 1^h, angestellt, den täglichen Gang der Declination nicht würden kennen gelehrt haben, welchen doch die einjährigen in Prag sehr deutlich herausstellten, und dafs diefs nur eines der vielen Resultate ist, die wir aus unseren Beobachtungen gezogen haben.

Ein Dämpfer ist bei meinen Beobachtungen nicht

angewendet worden, obgleich ich nicht läugne, dafs er in manchen Fällen vortheilhaft angewendet werden kann. Die Ursache, warum ich ihn nicht gebrauchte, ist in den »Resultaten aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1838, S. 80«, ersichtlich, wo von einem kupfernen Kasten gesprochen wird, der die Declination um 5 Minuten fehlerhaft gemacht haben soll. Ich dachte nämlich, wenn ein kupferner Kasten, der die Nadel doch in einer gewissen Entfernung umgiebt, sie schon um 5 Minuten abzulenken im Stande ist, so kann es ein kupferner Dämpfer, der viel enger anschliefst, um noch mehr thun, und so zu einer neuen Fehlerquelle werden.

Obgleich ich die Möglichkeit nicht läugnen will, dafs eine solche Vorrichtung Ursache eines Fehlers seyn kann, so kann man in dem oben berührten Falle doch den Grund der Differenz zwischen den Declinations-Bestimmungen mit dem transportablen Magnetometer und dem Apparate des magnetischen Observatoriums eben so gut in der Beschaffenheit der Nadel suchen. Denn dafs er im Kasten liege, ist doch auch nur eine Annahme, welche, wenigstens so wie das Factum dort gegeben ist, alles Beweises entbehrt.

Die Annahme, dafs für verschiedene Nadeln die Declination verschieden seyn könne, scheint dem Recensenten zwar »durchaus unvereinbar mit der Theorie« (S. 741); diefs thut aber nichts zur Sache. Die Theorie hat über wohlbegründete Thatsachen nie eine entscheidende, stets nur eine erklärende Stimme gehabt, und dafs es Magnetnadeln gegeben hat, welche die Declination nicht um Minuten, sondern um Grade fehlerhaft angegeben, diefs ist eine von namhaften Autoritäten verbürgte Thatsache. Unter den hieher gehörigen Wahrnehmungen darf wohl auch jene angeführt werden, welche ich bei der genaueren Untersuchung meines Variations-Inclinatoriums in Mailand an zwei dazu gehörigen

Magnetstäben machte, woraus hervorgeht, dafs die magnetische Axe mit der Axe der Figur einen verschiedenen Winkel machte, je nachdem der Nordpol sich an dem einen oder dem andern Ende des Stabes befindet (S. *Primo supplemento alle Effemeridi astronomiche di Milano*, *p.* 183). Ueberhaupt ist die innere Beschaffenheit der magnetischen Körper noch in solches Dunkel gehüllt, dafs die Behauptung, man sey über irgend einen Punkt im Reinen, unter die sehr kühnen gezählt werden mufs.

In der Beurtheilung der zu den Variations-Beobachtungen bestimmten Apparate und ihrer Aufstellung wird (S. 744) der Spiegelmire jene Ausstellung gemacht, welche schon an einem andern Orte (Resultate für 1839, S. 100) angegeben ist. »Eine solche Spiegelmire erfüllt nämlich den vorgeschriebenen Zweck nur in dem Falle, wo sie selbst unveränderlich ist.« Nun diefs ist eben keine grofse Neuigkeit, sondern eine Bedingung, welche von jeder Mire erfüllt werden mufs. Aus diesem Grunde ist also die Spiegelmire einer andern nicht nachzusetzen. Im Verfolge sagt der Recensent: »Kreil giebt zu, dafs Aenderungen der Spiegelmire durch die unvermeidlichen Verziehungen und Verdrehungen seines Gestelles in Folge der geänderten Lufttemperatur und der Feuchtigkeit eintreten können, glaubt indessen, dafs diese nur wenige Skalentheile betragen können. Wir haben Grund, diese Drehungen für viel bedeutender zu halten.«

Diese Bemerkung läfst eine unangenehme Auslegung zu; denn entweder bin ich über die Bewegungen der Mire selbst im Irrthume, und halte sie für kleiner als sie wirklich sind. Diefs kann nur seyn, wenn sie fortwährend durch eine entgegengesetzte Drehung des Fernrohrs aufgehoben werden. Da aber beide Apparate, Mire und Fernrohr, von einander völlig unabhängig sind, so ist diefs im hohen Grade unwahrscheinlich. Wenn aber ein Irrthum von meiner Seite in dieser Beziehung nicht

leicht denkbar ist, so hätte ich, da ich doch die Mire stets vor Augen habe, ihre Verrückungen verschwiegen, was einer Verfälschung der Beobachtungen gleich zu setzen wäre.

Ich bin weit entfernt, Hrn. Goldschmidt zuzumuthen, dafs ihm, als er jene Worte niederschrieb, diese Auslegung gegenwärtig war; doch mufs er zugestehen, dafs sie sehr nahe liegt, und dafs man zum mindesten einen strengen Beweis seiner Behauptung verlangen kann. Diesen Beweis glaubt der Recensent wahrscheinlich S. 750 geliefert zu haben, wo er von der Vergleichung der monatlichen Mittel der in Göttingen und in Prag beobachteten Declination spricht. »Er findet unter den, den einzelnen Monaten entsprechenden Differenzen der Declination Vormittags (um 8^h) und Nachmittags (um 1^h) an beiden Orten eine sehr gute Uebereinstimmung. Im Mittel findet sich diese Differenz in Göttingen um 39″,7 gröfser als in Prag, und dieser Unterschied, so wie die Abweichungen von demselben, die, mit Ausnahme des Junius, immer unter einer halben Minute sind, lassen sich leicht aus der relativen Lage beider Beobachtungsörter erklären. Anders ist es jedoch, wenn man die correspondirenden Beobachtungen selbst mit einander vergleicht; hier zeigen sich für verschiedene Monate sehr verschiedene Differenzen, deren Unterschiede bis auf 8 Minuten steigen, und die ohne Zweifel ihren Grund in den Veränderungen der in Prag angewandten Spiegelmire haben, da die Göttinger Beobachtungen, auf mehrfache Art controlirt, als zuverlässig zu betrachten sind.«

Der Recensent glaubt also, dafs es für die gefundenen Unterschiede keinen Erklärungsgrund als die Veränderlichkeit der Mire geben könne. Ich bin der Meinung, dafs die im Gebäude befindlichen, wenn auch ihrer Lage nach unveränderlichen Eisenmassen eine eben so annehmbare Erklärung dieser Differenzen liefern, als die von ihm angeführte, denn der Einflufs einer Eisenmasse

ist gewifs bei verschiedenen Temperaturen nicht derselbe, daher auch die diesem Einflusse ausgesetzte Magnetnadel ihm gemäfs ihre Stellung ändern mufs. Und hat denn nicht in neuester Zeit, wie dem Recensenten wohl bekannt seyn mufste, Dr. Lamont in München in den Luftströmungen eine neue Fehlerquelle entdeckt, welche seine Nadeln andauernd um mehrere Minuten von ihrer wahren Lage ablenkten? Aber gesetzt auch, alles diefs genüge nicht, jene Differenzen wenigstens zum Theil zu erklären, was berechtigt denn den Recensenten anzunehmen, dafs in entlegenen Beobachtungsorten die Declination von einem Monate zum anderen um dieselbe Gröfse zu- oder abnehmen müsse? Die ganze Variation ist vielleicht nur Folge des Temperaturwechsels, der in der unteren Luftschicht und in der oberen Schicht der Erdrinde vor sich geht, und soll dieser Temperaturwechsel nicht von der Beschaffenheit der Erdrinde, also von localen Ursachen abhängig seyn? Erfahrung mag hier entscheiden. Ich habe die Petersburger Beobachtungen vor mir. Dort ist ein ausgezeichnet scharfer Beobachter, ein magnetisches Observatorium und keine Spiegelmire. Wir wollen nun die dortigen Beobachtungen mit denen von Göttingen vergleichen, und sehen, welche Differenzen herauskommen. Das Resultat ist in der folgenden Tafel enthalten, welche die Abnahme der Declination vom Januar 1837 bis December 1838 enthält, zu deren Berechnung die in Petersburg um 8h Morgens und um 2h Nachmittags angestellten Beobachtungen benutzt worden sind.

Monat.	1837 Abnahme in		1838 Abnahme in	
	Göttingen.	Petersburg.	Göttingen.	Petersburg.
Januar	—	—	3′ 10″,0	2′ 34″,0
Febr.	38″,8	4′ 50″,4	3 54 ,2	6 27 ,1
März	16 ,6	3 52 ,5	4 32 ,7	6 42 ,7
April	1′ 23 ,6	6 18 ,0	5 37 ,9	11 16 ,6
Mai	1 44 ,5	6 5 ,8	5 25 ,7	12 13 ,2
Juni	2 5 ,2	4 53 ,0	6 17 ,3	12 19 ,4

Monat.	1837 Abnahme in		1838 Abnahme in	
	Göttingen.	Petersburg	Göttingen.	Petersburg:
Juli	3' 26",4	5' 57",7	6' 22",8	10' 15",5
August	1 33 ,7	5 33 ,0	5 49 ,1	10 16 ,8
Sept.	1 29 ,9	5 28 ,8	6 53 ,4	9 30 ,7
Octob.	1 15 ,6	5 58 ,0	7 47 ,2	9 22 ,6
Nov.	3 10 ,6	7 29 ,2	7 30 ,2	9 31 ,3
Dec.	4 7 ,8	5 40 ,7	8 44 ,1	9 48 ,9

Die hier erscheinenden Differenzen sind wahrhaftig nicht kleiner als die zwischen Prag und Göttingen gefundenen. Vom Januar bis Mai 1838 nimmt die Declination in Göttingen um 2, in Petersburg um 10 Minuten ab, gleichfalls eine Differenz von 8 Minuten, über welche der Recensent bei den Prager Beobachtungen sich so sehr ereifert, dafs er alle daraus geschöpften Resultate geradezu verwirft. Ich glaube daher schliefsen zu dürfen, dafs er voreilig urtheilt, dafs er für die grofse Veränderlichkeit der Spiegelmire keinen stichhaltigen Beweis geliefert hat, und dafs die Verschiedenheit der Aenderungen der Declination an verschiedenen Beobachtungsorten in der Natur der Sache begründet ist. Die in Brüssel in neuester Zeit (1840) angestellten Beobachtungen rechtfertigen gleichfalls meine Behauptung, wie Jedermann sich aus der Ansicht derselben überzeugen kann.

S. 748 und 749 tadelt der Recensent die Ergänzung der ausgefallenen Beobachtungen durch Interpolation, und meint, dafs sie zu einer neuen Fehlerquelle werde. Sein Grund ist die Verschiedenheit des wirklich beobachteten, durch Anomalien häufig gestörten Ganges der Declination, Intensität etc. von dem durch Interpolation erhaltenen, welche auf diese Anomalien keine Rücksicht nehmen kann. — Wenn es sich darum handelt, den Verlauf der Erscheinung so darzustellen, wie er an einem einzelnen Tage wirklich stattgefunden hat, so theile ich vollständig die Ansicht des Recensenten, und habe deswegen auch jede ausgefallene und durch Interpolation

ergänzte Beobachtung in meinen Registern bemerkt. Die Sache gewinnt jedoch ein verschiedenes Ansehen, wenn der *mittlere Gang* der Declination gesucht werden soll, zu dessen Bestimmung man eine gröfsere Anzahl von Beobachtungen, z. B. die während eines Monats angestellten, zu einem Monatmittel vereinigt. Der Zweck dieser Operation ist, wie der Recensent gestehen wird, kein anderer als *diese Anomalien auszuscheiden* und den Gang frei von ihrem Einflusse zu erhalten. Wenn also bei irgend einer Untersuchung die Anomalien ohnehin ausgeschieden werden müssen, so ist nicht einleuchtend, warum ein Interpolations-Verfahren, das auf sie keine Rücksicht nimmt, deswegen verwerflich seyn soll. Diefs ist aber nicht der einzige Grund, weswegen ich ein solches anwendete. Bei manchen Elementen, besonders bei der horizontalen Intensität, ist die Aenderung von einem Monate zum andern oft so grofs, dafs sie bei Aufsuchung des Monatmittels, wenn mehrere Beobachtungen ausgeblieben sind, berücksichtigt werden mufs; so z. B. nahm sie während des Aprils 1840 ungefähr um 80 Skalentheile ab. Wenn nun in irgend einer Beobachtungsstunde in den ersten Tagen des Monats mehrere Beobachtungen ausblieben, so erhält man ohne Ergänzung derselben offenbar ein zu kleines Mittel; blieben in einer andern Beobachtungsstunde in den letzten Tagen des Monats Beobachtungen aus, so wird das Mittel zu grofs, und der tägliche Gang ist entstellt. Diesem Uebelstande glaubte ich durch Interpolation begegnen zu können, und halte mich trotz der entgegengesetzten Meinung des Recensenten noch überzeugt, dafs ich mich durch sie der Wahrheit mehr genähert habe, als ohne dieselbe, daher ich dasselbe Verfahren auch noch fernerhin in Anwendung bringen werde. Doch kann jetzt der aus den vorhergehenden Jahren hinlänglich genau erkannte tägliche Gang hiezu benutzt werden.

Der Recensent bespricht nun S. 752 das Verfahren,

welches ich befolgt habe, um die Monatmittel von den im Verlaufe des Jahres erfolgten Aenderungen möglichst zu befreien, und bekrittelt die Benennung »mittlere Declination,« welche ich den Durchschnittzahlen aller in einem Monate angestellten Aufzeichnungen beigelegt habe, weil diese Aufzeichnungen sich nicht gleichmäfsig über alle Tagesstunden erstrecken. Hätte der Recensent den der Tafel XIV meines Werkes vorgesetzten Text näher angesehen, so würde er sich leicht überzeugt haben, dafs ich nur *der Kürze halber* diesen Ausdruck wählte, und deutlich genug zu verstehen gab, dafs diese Zahlen nicht die eigentliche mittlere Declination bedeutet. Doch da diese Bemerkung höchstens zu einem Wortstreite führen kann, so gehen wir auf einen wichtigeren Einwurf über, nämlich auf die Behauptung, dafs, »weil die Prager Beobachtungen von verschiedenen Monaten nicht mit einander vergleichbar sind, die Schlüsse, welche Kreil aus den Declinationen zieht,« »»welche von der säculären Aenderung befreit sind,«« und welche auf Vergleichung dieser Declination für verschiedene Monate beruhen, eine anderweitige Bestätigung erfordern.«

Ich glaube schon früher gezeigt zu haben, dafs die Behauptung, die Prager Beobachtungen von verschiedenen Monaten seyen nicht mit einander vergleichbar, erst noch eines Beweises bedürfe. Aber abgesehen hievon, wollen wir nur die Schlüsse betrachten, die ich aus den Monatmitteln der Declination sowohl als aller übrigen Elemente gezogen habe. Diese Schlüsse sind ersichtlich aus der Ueberschrift der einzelnen Unterabtheilungen, in welche jeder Abschnitt zerfällt, und die z. B. bei der Declination folgendermafsen lauten:

1) *Täglicher Gang* der Declination. 2) Abhängigkeit der Wendungen von den Jahreszeiten. 3) *Täglicher Gang* zu verschiedenen Jahreszeiten. 4) *Tägliche* Epoche der mittleren Declination. 5) Epoche des mittleren *täglichen* Ganges der Declination. Eben so für

alle übrigen magnetischen und meteorologischen Elemente. Gegenstand der Untersuchung ist also durchaus nur die genauere Erforschung des *täglichen Ganges*. S. 750, wo der Recensent die Ergebnisse der Vergleichung zwischen den Göttinger und Prager Beobachtungen mittheilt, sagt er, dafs er »unter den den einzelnen Monaten entsprechenden Differenzen der Declination Vormittags (um 8^h) und Nachmittags (um 1^h) an beiden Orten eine sehr gute Uebereinstimmung gefunden habe.« Diese Differenzen bilden aber, wie ich glaube, nichts anderes als den täglichen Gang von Minimum des Morgens bis zum Maximum Nachmittags. Der Recensent giebt also zu, dafs die Beobachtungen den täglichen Gang in verschiedenen Jahreszeiten richtig darstellen, läugnet aber die Richtigkeit der Schlüsse, welche aus eben diesen Beobachtungen über eben diesen täglichen Gang abgeleitet wurden. Ueber eine solche Consequenz glaube ich kein Wort weiter verlieren zu dürfen.

Der Recensent kommt nun in S. 753 auf den Einflufs des Mondes auf die magnetische Declination zu sprechen, und geht auf diesen Gegenstand näher ein, »weil ich mich mit besonderer Vorliebe damit beschäftigt, und in mancherlei Aufsätzen die Resultate dieser Untersuchungen einem gröfseren Publicum bekannt gemacht habe.« Nun wenn Dr. Goldschmidt einmal eine Entdeckung machen wird, so wird er auch mit Vorliebe daran hängen, und die ganze Welt wird es ihm zu Gute halten. — Er gesteht wohl ein, dafs es nicht undenkbar sey, dafs der Mond ein eben so grofses oder noch gröfseres magnetisches Moment besitze, als die Erde, aber es kommt ihm doch, er sagt nicht aus welchem Grunde, sehr unwahrscheinlich vor. Die Meinung, dafs von allen Himmelskörpern die Erde in dieser Hinsicht der bevorzugte seyn müsse, erinnert an die Bemühungen des Mittelalters, sie zum Mittelpunkt des Universums zu machen, welche Bemühungen doch noch den Augenschein für sich hatten.

Der Recensent glaubt, dafs die von den Anomalien herrührende Ungewifsheit bedeutend gröfser ist, als der gröfste Unterschied zweier Gruppen, auf welche ich meine Behauptung eines Mondeinflusses stütze.

Allein der Unterschied jener Gruppen ist es nicht allein, worauf sich meine Meinung gründet, mehr noch ist es die in den Gruppen selbst herrschende Gesetzmäfsigkeit der Zahlen, ihr fast regelmäfsiges Zu- und Abnehmen, und diefs scheint mein Gegner ganz übersehen zu haben. Bei der Declination z. B. nehmen diese Zahlen vor der unteren Kulmination bis zum Aufgange des Mondes ab, wachsen von da an bis zur oberen Kulmination, nehmen bis zum Untergange wieder ab, um gegen die untere Kulmination wieder zu einem Maximum hinaufzusteigen. Noch auffallender ist der Gang bei der horizontalen Intensität, wo die Zahlen von der unteren bis zur oberen Kulmination zu-, von dieser bis zur unteren abnehmen. Ich mufs gestehen, dafs ich mir nicht vorstellen kann, wie Beobachtungsfehler oder die ganz andern Gesetzen folgenden Anomalien beschaffen seyn müfsten, um bei den nach den Mondständen geordneten Zahlen eine solche Regelmäfsigkeit hervorzubringen.

Der Hauptgrund für die Behauptung des Recensenten, *dafs der Einflufs des Mondes durchaus unerwiesen sey*, ist aus der geringen Uebereinstimmung hergenommen, welche die einzelnen Monatmittel in dieser Hinsicht gewähren, indem manche von ihnen ein Resultat geben, das dem aus der Gesammtzahl der Beobachtungen gefundenen entgegengesetzt ist. — Wenn gleich nicht geläugnet werden kann, dafs die Uebereinstimmung der einzelnen Monate einen starken Beleg für das Bestehen des Mondeinflusses geben würde, so ist diefs doch eine zu grofse Forderung für eine so schwache Ursache, die mit so mächtigen störenden Einflüssen zu kämpfen hat. Auch ist der Satz, dafs eine Erscheinung, die sich aus den Monatmitteln nicht erweisen läfst, auch aus den Jahresmitteln nicht erkannt werden könne, durchaus nicht

zu vertheidigen. Doch um auch hierüber die Erfahrung zu Rathe zu ziehen, habe ich, statt die langwierigen Rechnungen aufzuführen, zur Bestimmung der mittleren Unsicherheit, die mir der Recensent S. 756 anräth (und welche, nach den Erfahrungen Laplace's und Anderer, auch keine unfehlbare Entscheidung gewähren), das ähnliche, aus den Beobachtungen der Barometerhöhen abgeleitete Resultat untersucht, auf welches zwar eben so grofse und vielleicht noch gröfsere Anomalien, aber kaum eben so viele Beobachtungsfehler, keinenfalls aber eine Spiegelmire nachtheilig eingewirkt haben. Diese Barometerbeobachtungen haben, wie man aus S. 113 meines Werkes ersehen kann, einen Einflufs des Mondes auf den Luftdruck angezeigt, welcher im Sommer 0''',08, im Winter 0''',10, im Mittel des ganzen Jahres 0''',04 beträgt. Es zeigt sich, wie bei der Sonne, ein Minimum um 3^h Nachmittags, ein Maximum um 10^h Abends *Mondenzeit*. Wenn wir nun die einzelnen Monate nach Tafel LXII betrachten, so geben die, diesen beiden Stunden entsprechenden Zahlen folgende Unterschiede, denen das Zeichen + vorgesetzt wurde, wenn die Barometerhöhe um 10^h gröfser ist, als jene um 3^h:

1839	Juli	+5''',60	1840	Januar	+13''',47
	August	−0 ,16		Februar	− 0 ,49
	Septemb.	−2 ,83		März	+ 1 ,00
	October	+2 ,00		April	− 0 ,16
	Novemb.	+0 ,07		Mai	+ 7 ,41
	Decemb.	−1 ,58		Juni	− 0 ,99
				Juli	+ 0 ,27

Auch hier zeigen fast gleich viele Monate ein entgegengesetztes Resultat, und der Recensent wird nicht zaudern die Behauptung auszusprechen, dafs der Einflufs des Mondes auf den Luftdruck, wenigstens in sofern er aus diesen Beobachtungen hervorgehen soll, durchaus unerwiesen sey. Allein er sehe gefälligst nach im Athenaeum vom 6. August 1842, S. 714, welches die Ver-

handlungen der *Royal Society* in der Sitzung vom 16. Juni enthält, und er wird finden, dafs Lieutenant Lefroy, Director des magnetischen und meteorologischen Observatoriums zu St. Helena die zweistündigen Barometerbeobachtungen, welche er vom September 1840 bis December 1841 angestellt hatte, gleichfalls nach den Stundenwinkeln des Mondes geordnet, und daraus ein dem meinigen analoges Resultat abgeleitet hat.

Da also die Nichtübereinstimmung der einzelnen Monatmittel mit dem Endresultate bei den Barometerbeobachtungen keinen gültigen Grund der Unzulässigkeit dieses Resultats abgeben kann, so glaube ich, dafs diefs auch bei den magnetischen der Fall sey, um so mehr, da, wie der Recensent wohl wissen mufste, diese nur eine Bestätigung der aus den dreijährigen Mailänder Beobachtungen abgeleiteten Ergebnisse sind.

Endlich bespricht der Recensent, S. 760, die mit dem Variations-Inclinatorium erlangten Resultate, welche den täglichen Gang der mit diesem Apparate beobachteten Inclinationen und Schwingungsdauern begreifen. Da er einen innern Widerspruch zwischen diesen Angaben und den mit dem Bifilar-Magnetometer beobachteten Variationen der horizontalen Intensität zu finden glaubt, so hält er sich nicht lange dabei auf, findet es jedoch auffallend, dafs ich den einfachen Zusammenhang, den er durch eine bekannte (übrigens durch einen Druckfehler entstellte) Formel darstellt, nicht zur Controle dieser Angabe benutzt habe. Die Ursache ist, weil ich auch ohne Formel einsah, dafs der Apparat die Aenderungen der Gesammtkraft, wenigstens so lange man die Wärme-Correction nicht angebracht hat, nicht anzugeben im Stande sey, da der Wärme-Einflufs, wie ich auch S. 93 meines Werkes sage, höchst wahrscheinlich die angezeigten Aenderungen in der Schwingungsdauer gröfstentheils hervorbringt. Da der Recensent bei seiner Beurtheilung diesen Einflufs gar keiner Berücksich-

tigung gewürdigt hat, so kann ich auch über diesen Punkt sein Urtheil nicht als competent anerkennen, sondern beharre bei meiner früher gehegten Meinung, dafs dieser Apparat uns den täglichen Gang der Inclination im Allgemeinen richtig angezeigt habe, und schon, wenn er auch weiter nichts geleistet hätte, für dieses, von so vielen Physikern vergebens gesuchte Resultat unsern Dank verdiene. Dafs er aber seine Leistungen nicht darauf beschränkte, wird man hoffentlich aus dem zweiten Bande der Prager Beobachtungen, wo die Störungen behandelt wurden, zur Genüge ersehen haben.

Und so schliefse ich diese Bemerkungen mit der Erklärung, dafs ich weder Theorie noch Wahrscheinlichkeitsrechnung, sondern nur die *Erfahrung* als competente Richterin über meine Arbeiten anerkennen kann, und dafs, wie ich schon anderwärts sagte (Prag. Beob. I. S. 151), ich meinen Zweck für vollkommen erreicht ansehe, wenn auch andere Beobachter sich veranlafst finden werden, die Richtigkeit oder Unrichtigkeit dieser Ergebnisse nach ihren eigenen Wahrnehmungen einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen.

XIV.

XIV. *Ueber die Temperaturverhältnisse der Sandwichsinseln und an den Gränzen der heifsen Zone überhaupt; von* Wilh. Mahlmann.

Der Materialien, welche bisher zur Untersuchung der klimatischen Verhältnisse der Küsten und Inseln des grofsen Oceans veröffentlicht worden, sind noch immer so wenige, dafs ein jeder Beitrag dazu als eine willkommene Erscheinung anzusehen ist, und wenn solche von einem Orte herrühren, welcher wegen seiner grofsen Entfernung von den grofsen Continenten der Erde nahebei als Repräsentant der Atmosphäre auf einem weiten Meeresgebiete in gegebener Breite und Länge erscheint, so gewinnen solche Angaben noch eine ganz besondere Wichtigkeit in rein atmosphärischer Beziehung. Ein solcher Punkt ist im stillen Oceane *Honolulu* auf Oahu, einer der Sandwichsinseln, in 21° 19′ nördl. Br. und 160° 21′ westl. L. v. Paris. Wir haben davon ein Paar Journale mit den täglichen Beobachtungen der Witterung berechnet, und theilen die Resultate daraus in Folgendem mit, welche sich an unsere, im Bd. LI S. 543 bis 555, für den südlichen Theil dieses Weltmeeres gegebenen Temperatur-Bestimmungen anschliefsen.

Da schon früher auf dieser Inselgruppe Temperatur-Beobachtungen angestellt worden sind, so wollen wir derselben in Kürze erwähnen, und zwar werden wir die einzelnen Reihen chronologisch geordnet und getrennt betrachten, was durch die fehlende Angabe der Beobachtungslocalität und der Instrumente, zuweilen selbst der Berechnung insbesondere gerechtfertigt wird.

1) Die *ältesten* Temperatur-Beobachtungen *auf dieser Inselgruppe wurden* auf Cook's Reise 1776 bis 1780 angestellt (*Third Voyage etc.*), welcher sich daselbst

vom 26. November 1778 bis zum 15. März 1779 aufhielt. Nach seinen Angaben erreichte das Thermometer in diesem Zeitraum in der Karakakooa-Bay (19° 28' nördl. Br., 204° 0' östl. L.) am Ufer nie über 31°,1 C., und diese Höhe wurde nur einmal aufgezeichnet; das Mittel war für Mittag (Stunde?) 28°,3 C. In der Weymoa-Bay (Atooi), 21° 57' nördl. Br., 200° 20' L., fand er das Mittel um Mittag 24°,4, auf offner See 23°,9. — Aus der Vergleichung dieser Zahlen mit den neueren Beobachtungen kann mit ziemlicher Sicherheit gefolgert werden, dafs Cook's Instrument localem Einflusse, vielleicht sogar directer Sonnenwirkung ausgesetzt gewesen ist, wie diefs auch von Le Gentil's Beobachtungen auf Manilla 1766 und 1767 aufser Zweifel gesetzt ist. Diese Beobachtungen haben mithin, auch wegen der Veränderung des Ortes und anderer Umstände halber, gegenwärtig nur noch historischen Werth, so hoch derselbe auch früher angeschlagen worden seyn mag. Cook's Bemerkung, dafs das Klima der Gruppe *sehr grofse* Aehnlichkeit mit dem der westindischen Inseln besitze, wird in Betreff der Wärme weiterhin erörtert werden.

2) Auf Freycinet's Expedition wurden auf den Ankerplätzen von Owhyhi, Mowi und Oahu im Jahre 1819 an *Bord* der Uranie im Schatten und in freier Luft die 4stündlichen Beobachtungen während der Reise in der Zeit vom 9. bis 29. August 1819 fortgesetzt. Sie ergaben im Mittel 25°,63, wobei das Thermometer sich zwischen den absoluten Extremen 21°,3 und 30°,4 C. bewegte. Die mittlere Temperatur des Meeres an der Oberfläche war in demselben Zeitraum *nur* $\frac{1}{100}$ Grad geringer als die der Luft. *Voyage; Histoir. II.* 554.

3) Vom August 1821 bis Juli 1822 besitzen wir den ersten ganzen Jahrgang; die Register wurden von amerikanischen Missionaren geführt, und die Wärme zu Honolulu um 8^h Morg., 3^h und 8^h Ab. notirt. Leider sind die monatlichen Media dieser Stunden nicht getrennt

berechnet; indefs sind dieselben, zwar nur in ganzen Graden Fahr. angegeben, *nicht* aus den monatlichen Extremen abgeleitet, eine sehr gewöhnliche Methode der Engländer, welche, trotz ihrer grofsen Ungenauigkeit in den meisten Fällen als eine sehr bequeme auch sonst Anhänger gefunden hat. Die monatlichen Media und Extreme sind, in *Centesimal*-Graden, worin auch alle übrigen berechnet sind:

1822.	Januar.	Febr.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.
Med.	21,1	21,7	22,2	22,8	24,4	25,6	25,6
Mon. Min.	15,0	16,1	18,9	16,7	22,2	21,7	23,3
- Max.	26,7	25,0	25,6	27,2	27,2	28,9	28,9

1821.	August.	Sept.	October.	Nov.	Dec.	Jahr.
Med.	26,1	25,6	25,6	24,4	22,2	24,0
Mon. Min.	23,3	23,3	22,8	21,7	16,7	15,0
- Max.	31,1	30,6	30,0	27,8	26,7	31,1

Diese Beobachtungen sind zuerst in (Ellis') *Missionary Tour around Hawaii; Boston* 1825, *p.* 242, veröffentlicht worden. Sie sind daraus später auch im *Edinb. Journ. of Scienc. Vol. V*, von Freycinet a. a. O. und von Boelen in seiner *Reize naar Z. Amerika, p.* 167, mitgetheilt worden.

4) Beechey (*Voy. Append. p.* 705 folg.) verweilte auf seiner an Ergebnissen so reichen Expedition vom 26. Januar bis zum 28. Februar 1827 zu Honolulu; die zweistündlichen Beobachtungen, welche wie Freycinet's hinlänglich genaues Medium liefern, ergeben als Mittel des Febr. 1827 20°,99 C. — In demselben Monat des darauf folgenden Jahres wurden daselbst auf einem Schiffe der preufs. Seehandlung Beobachtungen angestellt, und aus der Notiz, welche Berghaus darüber im Almanach für 1837, S. 251, veröffentlicht hat, ergeben sich als Extreme in diesem Monate 22,8 und 27,8 C. (Schiffsbeobacht.?).

5) und 6) Wenig brauchbar sind die Angaben von Reynolds (*Voy. p.* 542), welcher sich daselbst vom 23. Juli an 23 Tage lang aufhielt, dafs das Thermometer auf 26°,1 C. stand (*vielleicht* das Medium dieses Zeitraums aus den in seinem Witterungsjournal befolgten Stunden 8^h Morg., 12^h und 8^h Abds.), und von Ruschenberger, welcher nur als mittlere (jedoch zu enge) Gränzen der Variation (*range*) des Thermometers 21°,1 und 26°,7 C. angiebt (*Voy. round the world, p.* 456). Dagegen erscheint:

7) das von Meyen (in seiner Reise, Bd. II. S. 175) mitgebrachte und auf seine Veranlassung geführte Journal von Reynold (Juli bis September 1831) beachtungswerth, da Meyen sagt, dafs dieser sich eines sehr guten verglichenen Instruments bediente. Wir haben die Media der nicht eben glücklich gewählten Beobachtungsstunden berechnet, und erhalten für

1831.	8^h Morg.	$12\frac{1}{2}^h$ Mitt.	6^h Ab.	Med. der 3 Stund.	Monatl. Min.	Extreme Max.
Juli	24,78	27,53	25,76	26,02 C.	24,4	28,9
August	25,30	28,28	26,34	26,64	23,3	29,4
September	25,11	28,07	26,09	26,42	24,4	28,3

Da hier ein Intervall von 14 Stunden in der Nacht einige Unsicherheit in der Reduction auf wahres Medium erzeugt, so haben wir nach Freycinet's Resultat, dafs (an Bord!) im Monat August das wahre Medium um 8^h Morg. und 7^h Ab. eintrat, bei der Correction in Rücksicht gezogen. — Auch das folgende

8) Journal, welches in der *Sandwich Island Gazette and Journal of Commerce, Vol. I,* $183\frac{6}{7}$, wöchentlich bekannt gemacht worden, und dessen Auffindung uns zunächst Veranlassung gab, die Temperatur Honolulu's näher zu betrachten, weil es unstreitig das *beste* und *vollständigste* für diesen Ort ist, haben wir aus jener dort erscheinenden Zeitung berechnet. Die Beob-

achtungen sind vom 11. August 1836 bis 19. Juli 1837 täglich drei Mal angestellt, und zwar zu Stunden, welche ein nur wenig zu hohes Medium liefern; das Instrument ist nach Fahrenheit eingetheilt, und gewöhnlich finden sich nur ganze Grade aufgezeichnet. Wir erhielten daraus:

1836 bis 1837.	Media.			Med. der 3 Stunden	Monatl. Extr.	
	7h Morg	2h Nchm.	10h Ab.		Min.	Max.
Januar 1837	20,03	24,78	21,83	22,21	16,1	26,7
Febr. [1]) -	21,77	25,53	22,58	23,29	18,9	27,2
März -	20,92	24,89	22,28	22,70	18,3	26,1
April -	22,28	25,78	23,18	23,75	21,7	26,7
Mai -	23,03	26,77	23,92	24,57	21,1	27,8
Juni [2]) -	24,58	27,71	25,29	25,86	23,9	28,3
Juli [3]) -	24,68	27,31	25,26	25,75	23,9	27,8
Aug. [3]) 1836	24,84	28,33	25,87	26,35	23,9	29,4
Sept. -	24,56	28,33	25,68	26,19	22,8	29,4
Oct. -	23,91	27,38	24,87	25,39	20,6	28,3
Nov. -	22,74	26,13	23,85	24,24	17,8	27,8
Dec. -	21,81	25,32	22,81	23,31	18,3	26,7
Jahr	22,93	26,52	23,95	24,47	16,1	29,4

Die Depression im März ist auffallend. Woher sie stammt läfst sich aus Mangel an fortlaufenden Beobachtungen an den Küsten der beiden benachbarten Continente nicht entscheiden.

9) Endlich hat Hr. Kupffer im *Bullet. scient. de l'Acad. Petersb. T. VI No.* 139, Media von Rooke für das Jahr Juli 1837 bis Juni 1838 mitgetheilt, welche wahrscheinlich einer Fortsetzung des *sub* 8 aufgeführten Journals entnommen sind. Die Zeiten sind nicht angegeben, die Media nur auf halbe Grade Fahr. berechnet,

1) Bei der Morgenbeobachtung ist ein Tag ausgefallen.

2) Das Register hat eine Lücke von 7 Tagen (vom 22. bis 28.).

3) Vom 20. Juli an fehlen die Beobachtungen, und im August fehlt der 1. bis 10. incl., weshalb die Media nur angenäherte Werthe sind.

und zwar dem Anschein nach aus den monatlichen Extremen.

1838.	Januar.	Febr.	März.	April.	Mai.	Juni.
Mon. Med.	22,8	22,8	23,9	23,3	25,0	25,8
- Min.	20,0	20,0	20,6	20,0	21,7	22,8
- Max.	25,6	25,6	27,2	26,7	28,3	28,9

1837.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr.
Mon. Med.	26,4	26,4	26,7	25,0	23,4	22,5	25,11
- Min.	23,9	23,9	23,9	21,7	20,6	18,9	18,9
- Max.	28,9	28,9	29,4	28,3	27,2	26,1	29,4

Zu einer angenäherten Bestimmung der Mittel bleibt nun kein anderer Weg, als die verschiedenen Beobachtungen ohne Rücksicht auf die Instrumente etc. zu combiniren. Aus den Reihen, welche wegen der Angabe der Beobachtungszeiten ein gröfseres Vertrauen verdienen (No. 2, 3, 4, 7 und 8) erhalten wir, nach der Reduction auf wahre Temperatur, folgende Gröfsen, von denen jeder nun 2, 3 oder 4 (für die Extreme auch 5) Jahre zu Grunde liegen.

	Jan.	Febr.	März.	April.	Mai.	Juni.
Med.	21,4	22,2	21,8	23,1	24,2	25,1
Absol. Min.	15,0	16,1	18,3	16,7	21,1	21,7
- Max.	26,7	27,2	27,2	27,2	28,3	28,9
Diff. d. Extr.	11,7	11,1	8,9	10,5	7,2	7,2

	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr.
Med.	25,0	26,0	25,5	25,2	24,0	22,5	23,8 C.
- Min.	23,3	23,3	22,8	20,6	17,8	16,7	15,0
Absol. Max.	28,9	31,1	30,6	30,0	27,8	26,7	31,1
Diff. d. Extr.	5,6	7,8	7,8	9,4	10,0	10,0	16,1

In der Curve des Ganges der Temperatur in der jährlichen Periode zeigt sich noch die schon erwähnte

und durch temporäre Wärmevertheilung wahrscheinlich bedingte Wärmeabnahme des März; daſs Juni und Juli nahe gleiche Wärme haben, der *August* die *heiſseste* Zeit im Jahre ist, erscheint nicht als Anomalie, da dieſs auch anderwärts unter ähnlichen Umständen vorkommt, indem Orte, die in der Nähe der Wendekreise und noch innerhalb der heiſsen Zone gelegen sind, die Sonne kurze Zeit nach einander zwei Mal durch ihr Zenith gehen sehen, und sich dadurch das jährliche Maximum nothwendig auf die Zeit des zweiten Sommer-Anfanges verschiebt.

Zur Vergleichung geben wir folgende Tafel, in welcher nur Orte im inneren Gränzbezirk der heiſsen Zone auf beiden Hemisphären aufgenommen sind. Die Media sind wegen der Stunden corrigirt, zum Theil auch mit berichtigten Instrumenten angestellt, und als die genauesten (wenn auch nicht in absolutem Sinne) für die ganze heiſse Region überhaupt zu betrachten. Sie liegen sämmtlich ganz nahe dem Meeresspiegel.

Ort.	Berechnet aus Jahren.	Breite.	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1) Port Louis [1]), Isle de France	6—9	20° 10′ s.	21,4	21,5	22,3	23,4	25,7	27,7	28,3	28,4	27,6	26,5	24,1	21,9
2) Honolulu	2—4	21 19 n.	21,4	22,2	21,8	23,1	24,2	25,1	25,0	26,0	25,5	25,2	24,0	22,5
3) Macao	meist 5	22 11 -	17,5	15,1	18,1	21,8	25,3	28,0	28,6	28,3	27,4	24,7	20,2	16,3
4) Calcutta	9—12	22 35 -	18,7	21,6	25,7	28,5	30,0	29,3	28,2	28,3	28,1	27,2	23,2	19,4
5) Rio Janeiro	7—9	22 55 s.	19,6	20,9	21,5	22,4	23,7	25,0	26,7	26,7	25,8	23,4	21,6	20,4
6) Canton	10	23 8 n.	11,4	12,8	16,9	21,1	25,0	27,2	28,3	27,8	26,7	22,9	18,4	14,0
7) Havana	7—8	23 9 -	21,9	23,3	23,4	24,8	25,5	27,2	27,5	27,5	26,9	26,0	24,0	22,6

1) Die Monate der südlichen Hemisphäre sind denen auf der nördlichen entsprechend geordnet.

Und wenn wir die Jahreszeiten der gemäfsigten Zone auch auf die Gränzen der Tropen ausdehnen (Winter: December, Januar und Februar u. s. f.), so erhalten wir:

Ort.	Breite.	Oestliche Länge Par.	Winter.	Frühling.	Sommer.	Herbst.	Jahr.	Absolute jährl. Extreme. Min.	Absolute jährl. Extreme. Max.	Differ. v. Winter- und Sommertemper.	Differ. der kältesten u. wärmsten Monate.	Differ. der absolut. Extreme
1) Port Louis	20° 10′ s.	55° 8′	21,6	23,8	28,1	26,0	24,9	15,0	32,7	6,5	7,0	17,7
2) Honolulu	21 19 n.	199 39	22,1	23,1	25,4	24,9	23,8	8,9	31,1	3,3	4,6	22,2
3) Macao	22 11 -	111 14	16,4	21,1	28,3	24,1	22,5	3,3	34,6	11,9	13,5	31,3
4) Calcutta	22 35 -	86 0	19,9	28,1	28,5	26,2	25,7	4,3	37,2	8,6	11,3	32,9
5) Rio Janeiro	22 55 s.	314 24	20,3	22,5	26,1	23,6	23,1	11,4	34,4	5,8	7,1	23,0
6) Canton	23 8 n.	110 56	12,7	21,0	27,8	22,7	21,0	— 2,2	35,6	15,1	16,9	37,8
7) Havana	23 9 -	275 17	22,6	24,6	27,4	25,6	25,0	10,0	32,3	4,8	5,6	22,3
								(7,5)				(24,8)

Wenn man bei Betrachtung der Temperaturcurven berücksichtigt, dafs im südlichen und südöstlichen Theile von Asien die Moussons so wesentlich modificirend auf den Gang der Wärme im Jahre einwirken, dafs die Uebertragung unserer Jahreszeiten auf diese Länder eine willkührliche, nicht durch die Natur gerechtfertigte Methode ist; so zeigt sich im Allgemeinen bei den andern Orten, dafs die Epoche der gröfsten Wärme nicht wie in höheren Breiten in die Mitte des Juli fällt, sondern etwas später eintritt, eine Erscheinung, welche sich auch schon im südlichen Italien nach Schouw's trefflichen Untersuchungen im *Climat de l'Italie* zeigt, hier aber vermuthlich durch die eigenthümliche Vertheilung von Land und Wasser bedingt zu seyn scheint.

Aus den Differenzen der kältesten und wärmsten Jahreszeit, des kältesten und wärmsten Monats und der jährlichen Extreme wird ferner in ziemlicher Uebereinstimmung unter einander das theoretisch wohl begründete Gesetz für diese Regionen bestätigt, dafs, je gröfser die Ländermasse in Vergleich mit der Ausdehnung des benachbarten Oceans ist, um so gröfser auch jene Differenzen sind, um so veränderlicher das Klima ist. Sie wachsen in der Reihefolge der Orte: Honolulu, Havana, Rio Janeiro, Port Louis, Calcutta, Macao, Canton. Daher ist der Januar zu Canton $10\frac{1}{2}°$, der Winter 10° kälter als zu Havana in gleicher Breite; aber die wärmste Jahreszeit differirt an beiden Orten nicht um 1°, denn Havana nimmt dann auch Theil an der hohen Wärme der nahe gelegenen Continentalflächen Nord- und Süd-Amerika's. Isle de France ist im Winter wenig kälter, als Oahu; aber seine Sommertemperatur wird um $2\frac{1}{2}°$ höher hinaufgetrieben, denn ihm liegt im Westen das breite Continent Afrika's, dessen Ausdehnung und Bodenbeschaffenheit die Wärme bei südlicher Declination der Sonne in solchem Maafse steigert, dafs sich die Wirkung noch weit über seine Küsten fortpflanzt. — Ferner mäfsigt der at-

lantische Ocean die Winterkälte zu Rio Janeiro, und deprimirt die Sommerwärme, wie Frühling und Herbst, in höherem Grade als zu Havana, wo sich der vorüberziehende Golfstrom (im Winter besonders) wirksam zeigt, indem er eine Steigerung des oceanischen Klima's daselbst hervorruft.

Wir können zwar die angegebenen Media nicht für völlig genau erklären, sondern sind im Gegentheil überzeugt, dafs künftige Beobachtungen noch manche Aenderungen und meist eine Verminderung der Gröfsen veranlassen werden, denn die Methoden der Correction in so niedrigen Breiten, wie die Localität des Instruments und dessen Genauigkeit lassen noch einige Zweifel. Dennoch lehren sie die allgemeine Gültigkeit der gedachten Regel mit solcher Entschiedenheit, man möchte sagen, selbst in kleinen Nüancen, wie z. B. wenn man, unter Berücksichtigung der verschiedenen geographischen Position, Port Louis und Rio Janeiro auf der südlichen Hemisphäre, oder Macao und Calcutta in der Moussonsregion Süd-Asiens vergleicht, dafs auch, vom theoretischen Standpunkte aus betrachtet, der Werth jener Angaben in einem sehr günstigen Lichte erscheint.

Während die Curven der Jahreszeiten in dem aufsteigenden Abschnitt noch mehr oder weniger Unregelmäfsigkeiten an einzelnen Orten darbieten, zeigt sich in dem Wärmegange nach der Epoche des Maximums im Jahre im Allgemeinen eine auffallende Regelmäfsigkeit. Selbst für so geringen Breitenabstand vom Aequator weichen die Media der Monate in verschiedenen Jahren, besonders in jenem Abschnitt, so beträchtlich von einander ab, dafs sich hiernach leicht die Sicherheit derjenigen Methode ermessen läfst, welche neuerlich nicht selten angewandt worden, aus der Temperatur einiger Monate, ja sogar weniger Tage, auf wissenschaftlichen See-Expeditionen die wahre Temperatur einer Meeresgegend herzuleiten, und dafs sie in ihrer ganzen Nichtigkeit, aller

wissenschaftlichen Grundlage entbehrend, erscheint. Inseln, welche bei der geringen Ausdehnung ihrer Oberfläche fast allein von der Temperatur der Luft auf dem umgebenden Ocean abhangen müssen, zeigen hiernach noch so bedeutende Variationen, dafs man zu dem Schlusse genöthigt wird, jene Luftströmungen, welche nach ihrem einseitigen Vorherrschen in einer gegebenen Zeit die mittleren Witterungsverhältnisse des Innern und der Küsten der grofsen Continente bald mehr, bald weniger modificiren und im Extreme die merkwürdigsten (sogenannten) Anomalien bedingen, sind nicht blofs auf diese Gegenden beschränkt; ihre Wirkung pflanzt sich selbst bis zur Mitte des grofsen Oceans fort, und ruft hier eine *Veränderlichkeit* hervor im Inselklima, welche man mit der hergebrachten Ansicht einer grofsen Gleichförmigkeit der Meereswärme nicht füglich in Einklang bringen kann. Diese ist wohl hervorgegangen aus der grofsen Regelmäfsigkeit in der Veränderung der Temperatur des Wassers, welche man allgemein in den Journalen der Seefahrer findet, während doch zu selten an denselben Orten die Beobachtungen wiederholt worden sind. Wenn aber im Zeitraum weniger Monate sich eine ganz allmälige Aenderung der Meerestemperatur mit der Breite kund giebt, — Meeresströmungen mit eigenthümlicher Wärme werden natürlich ausgeschlossen bleiben, — so ist diefs ein neuer Beweis für die Verbreitung jener, die Witterungsabweichungen einer bestimmten Zeit bedingenden Luftströmungen, deren Wirkung sich in allmäligem Uebergange manifestirt, je mehr wir uns ihrem Ursprunge nähern oder davon entfernen.

Werfen wir noch einen Blick auf das Verhalten der *mittleren Jahreswärme* in verschiedenen Regionen nahe den Wendekreisen, so zeigt sich u. a., dafs die von Cook ausgesprochene Aehnlichkeit der Sandwichs-Inseln mit der westindischen Gruppe doch nicht *so* grofs ist, wie ihre geographische Lage hätte vermuthen lassen: Oahu ist um 2° kälter als Westindien in gleicher Breite;

Havana hat, fast 2° nördlicher gelegen, einen um 2° wärmeren Sommer; Oahu ist nahe so warm, als die Ostküste Südamerika's und Asiens. Wenn wir die Lage der Isotherme von $23\frac{3}{4}$° C. in verschiedenen Meridianen berechnen, so finden wir, dafs, während sie mitten auf dem stillen Ocean eine Breite von 21°,3 n. hat, sie im Meridiane von Florida 25°,5 n. Br., an der Westküste von Afrika 17°,7 n., im Meridian von Neapel 27°,4 n., im Meridian der Gangesmündung 27°,1 n. (im Innern Bengalens noch nördlicher), im indischen Ocean an der Ostküste Süd-Afrika's etwa in $23\frac{1}{2}$° s. Br. liegt. Wir finden also überall, wo nicht kalte Meeresströmungen die Küstentemperatur deprimiren, eine höhere Wärme in gleicher Breite, und diefs stimmt vollkommen mit dem Satze überein, dafs in den wärmeren Regionen der Erde die zunehmende Ausdehnung des Meeres in Vergleich mit der Masse des Festlandes in hohem Grade *abkühlend* auf die mittlere Wärme eines Ortes wirkt, während in hohen Breiten gerade das Gegentheil auftritt. Wir haben dieses Gesetz, welches der Annahme eines angenähert parallelen Laufs der Isothermen-Curven mit den Breitenkreisen widerspricht, bereits durch eine graphische Darstellung der Isothermen-Linien in der heifsen Zone (Dove's Repertorium der Physik, Bd. IV S. 158 Taf. III, 1840, und Monatsberichte der geogr. Gesellsch. zu Berlin, Bd. II S. 26 Taf. I) erläutert; die vorliegenden Beobachtungen von der isolirten Gruppe der Sandwichs-Inseln, welche sich durch eine längere Zeit vor andern ähnlichen auszeichnen, erweitern jenes Resultat dahin, dafs ein solcher Parallelismus auch nicht einmal auf dem weiten Gebiete des Weltmeeres in der Nähe der Gränzen des tropischen Erdgürtels stattfindet, und in einer künftigen Erörterung über die wahre, aus *Beobachtungen* und nicht durch Berechnung gewonnene Temperatur der Aequatorialregion wird sich noch allgemeiner die Richtigkeit des Gesetzes ergeben.

Schliefslich wenden wir uns noch zu den jährlichen

Extremen, für welche wir auf unsere Sammlungen in Dove's Repertor. Bd. IV S. 172, und Monatsberichte, Bd. I S. 212, verweisen. Die Steigerung der Extreme durch festes Land, selbst auf kleinen Inseln, ist eine Erscheinung, welche keinem beobachtenden Seefahrer entgehen kann: die Kälte nimmt zu, das Maximum wird erhöht. Daher hat Honolulu ein nahe um 1° C. höheres Maximum, als an der Luft auf dem stillen Ocean in gleicher Breite beobachtet worden, und bleibt nur um 0°,6 unter dem absoluten Maximum, welches auf diesem Meere überhaupt gefunden ist, zurück; beiläufig bemerkt, ist jenes Maximum (31°,1) der Luftwärme noch um 0°,7 gröfser, als die Beobachtungen des Meerwassers an der Oberfläche dort ergeben haben (nach Dirk. von Holmfeldt's Journal in der Nähe des *Aequators*). Dabei ist aber nicht zu übersehen, dafs die Extreme für Oahu nicht einmal eigentlich absolute sind, sondern den Beobachtungen zu den festgesetzten Stunden der Journale entnommen scheinen, und daher die gröfste Wärme und Kälte wohl noch etwas zu erhöhen sind. Kupffer giebt (a. a. O.) nach Rooke an, dafs in 10 Jahren (ob 1829 bis 1838?) zu Honolulu 8°,9 und 31°,1 C. die Extreme gewesen. In den übrigen von uns aufgeführten Journalen finden wir 15°,0 und 31°,1 im Jahre; im Januar allein sind die Gränzen in verschiedenen Jahren 8°,9 und 20°,0, im Februar 16°,1 und 22°,8. Die Vergleichung der einzelnen Jahre lehrt deutlich, dafs die Schwankungen des jährlichen Maximums unbeträchtlich sind, während sich eben so entschieden eine *grofse* Veränderlichkeit im Minimum herausstellt. Jenes absolute Minimum (8°,9) steht sogar unter dem von Havana (nach Ramond de la Sagra 10°,0) und von Rio Janeiro (11°,4), und doch sind diese durch ihre Lage in der Nähe grofser Continente gröfseren Schwankungen der Temperatur unterworfen. Gehört jenes so höchst merkwürdige Minimum etwa dem in Nord-Amerika unerhört strengen

Winter von 1835 an? Es ist diefs nicht ganz unwahrscheinlich, trotz der grofsen Entfernung der Sandwichsgruppe vom Festlande, denn ich habe bereits früher darauf aufmerksam gemacht (Monatsberichte, I. S. 213), dafs in diesem Jahre sogar zu Paramaribo, wo man als gewöhnliches Kälte-Extrem 21°,3 C. betrachtet, das Minimum bis auf 16°,1 herabgedrückt wurde, und dafs sich also der Einflufs eines excessiv-continentalen Nordstroms bis in die *heifsesten* Gegenden der neuen Welt und bis in die *Nähe des Aequators* (Paramaribo liegt in 5° 45' n. Br.) erstreckt haben mufs.

XV. *Einige Versuche, die Verschiedenheit in der chemischen Natur der Fluorborsäure und der Borfluorwasserstoffsäure zu bestimmen; von J. Berzelius.*

(Aus den *Kongl. Vetensk. Acad. Handl. f.* 1842.)

Die Fluorborsäure ist i. J. 1810 von Thénard und Gay-Lussac entdeckt, und in deren *Recherches physico-chimiques*, *T. II p.* 38, beschrieben worden. Sie erhielten dieselbe, als sie das auch von ihnen entdeckte Fluorborgas bis zur vollen Sättigung von Wasser absorbiren liefsen. Auf diese Weise bereitet, ist es eine rauchende, dicke und schwere Flüssigkeit, aus welcher durch Kochen eine gewisse Portion Fluorborgas ausgetrieben werden kann, worauf aber die Säure nicht mehr raucht, sondern bei einem höheren Siedpunkt unverändert überdestillirt. Sie gleicht dann der concentrirten Schwefelsäure, und schwärzt, wie diese, verschiedene organische Stoffe. Gay-Lussac und Thénard geben an, sie liefere mit Basen eigene Salze, obwohl sie kein anderes von diesen zu bereiten versuchten als das Ammoniumsalz, durch dessen

Sublimation, bei welcher Borsäure zurückbleibt, es ihnen glückte die Zusammensetzung dieser Säure, aus Borsäure und Flufsspathsäure, betrachtet als Sauerstoffsäuren, nach der damaligen Ansicht zu erweisen.

Bei den Versuchen über verschiedene Fluorverbindungen, deren Resultate ich der K. Academie i. J. 1824 mittheilte [1]), zeigte ich, dafs Fluorborgas, wenn es von Wasser nicht bis zu einer hohen Sättigung absorbirt wird, Borsäure absetzt, theils in Pulverform, theils, beim Erkalten der durch die Absorption des Gases erhitzten Flüssigkeit, in Krystallen.

Nach Feststellung des Begriffs von der Natur der Salzbildner halten wir das Fluorborgas für eine Verbindung von Fluor mit Bor, ohne Sauerstoff, welche, wie mehre ähnliche Verbindungen, auf eine solche Weise vom Wasser zersetzt werden mufs, dafs sich der Sauerstoff mit dem Radical und der Wasserstoff mit dem Salzbildner verbindet. Diese Thatsache war also eigentlich nicht unerwartet, und da sie zu erkennen gab, dafs auf diese Weise Fluorwasserstoffsäure und Borsäure entstehen, so zeigte sie auch das bis dahin unbekannte Verhältnifs, worin Bor und Fluor vereinigt sind. Allein sie zeigte auch die Ungewöhnlichkeit, dafs nicht die ganze Quantität des Fluorbor auf diese Weise vom Wasser zersetzt ward, sondern nur ein Viertel davon, und dafs, nach Abscheidung der Borsäure, eine Flüssigkeit übrig blieb, welche, mit Basen gesättigt, eigene sauerstofffreie Salze gab, welche ich Borfluorsalze nannte, zusammengesetzt aus 1 At. Fluorür und 1 At. Fluorbor, und von denen ich die mit den gewöhnlicheren stärkeren Salzbasen gebildeten in den *K. Vetensk. Acad. Handl.* 1823, *p.* 68, beschrieben habe [2]).

In der von mir untersuchten Borfluorwasserstoffsäure war

1) S. Annal. Bd. II S. 113.

2) Ebendaselbst.

war ein Viertel des Bors vom Fluorbor durch Wasserstoff ersetzt, aber in Thénard's und Gay-Lussac's Fluorborsäure befand sich das Fluorbor scheinbar unzersetzt mit Wasser verbunden, ohne dafs etwas Borsäure abgeschieden war. Es fragt sich nun ganz natürlich: Was denn diese Säure sey, und wie sich ihre mit Basen gebildeten Salze zu den Borfluorsalzen verhalten?

Ehe ich zur Beantwortung dieser Frage schreite, will ich einige Betrachtungen über den Grad von Sicherheit anstellen, mit welchem die Zusammensetzung des Fluorbors bekannt ist. Die Schwierigkeiten, die man zu überwinden hat, um zur Kenntnifs des Atomgewichts vom Bor zu gelangen, in Rücksicht sowohl des Sauerstoffgehalts der Borsäure, als der in diese Säure eintretenden Zahl von Sauerstoffatomen, sind bekannt. Aus den deshalb angestellten Versuchen haben wir geschlossen, dafs sie aus 1 At. Bor und 3 At. Sauerstoff bestehe.

Bekanntlich haben wir starke Veranlassung anzunehmen, dafs die Gase aller Grundstoffe in einem gleichen Volume eine gleiche Anzahl einfacher Atome enthalten. Damit stimmt auch die specifische Wärme derselben überein, die auch gleich für alle ist. Die Ausnahme, die wir davon antreffen, z. B. bei den Gasen des Schwefels und Phosphors beruhen offenbar auf einem allotropischen Verhalten, denn in allen bekannten gasförmigen Verbindungen des Schwefels und Phosphors, welche gewägt werden können, erweist sich das specifische Gewicht, mit Beachtung des gewöhnlichen und bei analogen Verbindungen stattfindenden Condensationsverhältnisses, als vollkommen normal mit dieser Annahme, mit den kleinen Abweichungen, welche der Druck der Atmosphäre bei leicht coërcibeln Gasen verursacht, und die folglich bei dieser Frage gänzlich versäumt werden können. Hieraus folgt also, dafs das normale spec. Gewicht eines jeden Grundstoffs in Gasform sich zu dessen Atomgewicht verhält wie das specifische Gewicht des Sauerstoffs (oder

Wasserstoffs) zum Atomgewicht desselben (oder des Wasserstoffs). Es ist also möglich, das specifische Gewicht, welches ein Grundstoff in Gasform bei der Temperatur, bei welcher er in Gas verwandelt worden, besitzt, zu berechnen, auch wenn es nicht möglich ist, eine solche Wägung anzustellen; und wenn das Atomgewicht richtig bekannt ist, so wird ein solches berechnetes Resultat sicherer als ein directer Wägungsversuch, wenn dieser gemacht werden kann.

Das Bor gehört zu denen, welche nicht in Gasform dargestellt werden können; das specifische Gewicht desselben in Gasform mufs folglich berechnet werden. Das Atomgewicht desselben ist 489,153. Das Atomgewicht des Sauerstoffs ist, nach der Wägung vom Baron Wrede, 1,1052. Man hat also die Proportion 100 : 1,1052 =489,153 : 1,50435, und letztere Zahl ist das specifische Gewicht des Bors in Gasform. Auf gleiche Weise findet man das spec. Gewicht des Fluorgases =1,2928.

Die Borsäure ist zusammengesetzt aus 1 At. Bor und 3 At. Sauerstoff, und wenn das Fluorbor durch Wasser genau in Borsäure und Fluorwasserstoffsäure zerlegt wird, so mufs dasselbe bestehen aus 1 At. Bor und 6 At. oder 3 Aequivalenten Fluor. Dumas hat das Fluorborgas gewägt und dessen specifisches Gewicht =2,3124 gefunden. Es mufs also in Gasform bestehen aus:

1 Vol. Borgas	1,50435
6 Vol. Fluorgas	7,75680
Zusammen wägend	9,26115.

Wenn diese 7 Volume sich im Verbindungs-Augenblick zu 4 Volume verdichten, was eins der gewöhnlicheren Verdichtungsverhältnisse ist, sobald eine gröfsere Anzahl einfacher Atome in ein Gas eingeht, so ist das specifische Gewicht des Fluorborgases:

$$\frac{9,26115}{4}=2,3153,$$

und dasselbe besteht aus 1 Vol. Bor und 3 Vol. Fluor, welche 6 Volumen des einfachen Fluorgases entsprechen.

Machen wir die entsprechende Berechnung für das specifische Gewicht des Chlorborgases, bei dem das specifische Gewicht des einen Bestandtheils durch directe Wägung ermittelt werden kann, so kommen wir zu einem eben so befriedigenden Resultat. Dumas hat das specifische Gewicht des Chlorborgases durch directe Wägung bestimmt und dasselbe =4,03532 gefunden.

1 Vol. Borgas	1,50435
6 Vol. Chlorgas	14,64204
	16,14639.

condensirt von 7 zu 4 Vol. erhalten wir:

$$\frac{16,14639}{4}=4,03659.$$

Aus der Uebereinstimmung dieser beiden Resultate ergiebt sich, dafs die Zahl für das Atomgewicht des Bors dem richtigen Verhältnifs ziemlich nahe gefunden worden seyn mufs [1]).

1) Es verdient bemerkt zu werden, dafs wenn man die Berechnungen für die gasförmigen Verbindungen des Kiesels mit Fluor und Chlor anstellt, man eben so gute Uebereinstimmungen erhält. Dumas hat beide gewägt und das specifische Gewicht des Fluorkieselgases =3,600, so wie das des Chlorkieselgases =5,939 gefunden. Das spec. Gewicht des Kieselgases, berechnet aus dem Atomgewicht, ist 3,0649.

1 Vol. Kieselgas	=3,0649	1 Vol. Kieselgas	= 3,0649
6 Vol. Fluorgas	=7,7568	6 Vol. Chlorgas	=14,6420
	10,8217		17,7069

Hier aber zeigt sich, dafs 7 Vol. condensirt sind nicht zu 4, sondern zu 3, denn:

$$\frac{10,8217}{3}=3,6072 \text{ und } \frac{17,7069}{3}=5,9023.$$

Das Volum des Salzbildners ist hier zur Hälfte condensirt und das Volum des Kiesels verschwunden. Dieser Unterschied zwischen beiden wird nicht gehoben durch Berechnung aus anderen relativen Atomverhältnissen in Verbindungen irgend eines oder beider mit Sauerstoff und Salzbildnern.

Aus dem Angeführten folgt mit Sicherheit, dafs das Fluorbor aus 1 Atom Bor und 3 Doppelatomen oder Aequivalenten Fluor $=BF^3$ besteht, und also wissenschaftlich *Borsuperfluorid* genannt werden mufs.

Da das Borsuperfluorid, bei Auflösung in Wasser bis zur Sättigung, keine Borsäure absetzt oder die anfangs abgesetzte wieder auflöst, so dafs in der concentrirten Flüssigkeit keine freie Borsäure mehr gefunden werden kann, so mufs diese Flüssigkeit entweder eine Auflösung von unverändertem Borsuperfluorid, oder eine Verbindung von Fluorwasserstoff und Borsäure seyn. Ist es ganz einfach eine Auflösung von Borsuperfluorid, so mufs sie von Basen zersetzt werden; ist sie eine chemische Verbindung von Fluorwasserstoffsäure und Borsäure, verbunden mit Wasser, eine wasserhaltige Doppelsäure, so mufs sie mit Basen gleichartige Verbindungen wie mit Wasser eingehen, d. h. es mufs Doppelsalze geben, in welchen 1 At. eines borsauren Salzes verbunden ist mit 3 At. Fluorür der Base, für jedes im Salze gefundene Atom Borsäure, und diese müssen sich leicht direct durch ein borsaures Salz und ein Fluorür hervorbringen lassen.

Ich löste deshalb 1 Atomgewicht $\dot{N}a\dddot{B}$ und 3 Atomgewichte Fluornatrium, so wie 1 Atomgewicht $\dot{N}a\dddot{B}^2$, Borax, und 6 Atomgewichte Fluornatrium, welche Salze kurz vor der Wägung geglüht worden waren, zusammen in siedendem Wasser auf, und überliefs sie der Krystallisation beim Abdunsten in gelinder Wärme. Dabei schofs die Flüssigkeit bis zum letzten Tropfen in regelmäfsigen Krystallen von einer einzigen Art an, ohne dafs sich irgend ein anderes Salz ausschied. Beide Doppelsalze sind durchsichtig, an der Luft unveränderlich, verlieren aber ihr Krystallwasser und werden weifs, ohne an einem 40° C. warmen Ort zu zerfallen. Die Krystallform beider ist, nach Hrn. Wallmark's Untersuchung, gleich, bestehend in vierseitigen, dem Ansehen nach rechtwinklichen Prismen, am Ende schief abgestumpft,

und mit zwei abgeschnittenen Ecken. Sie scheinen zum triklinometrischen oder tetartoprismatischen Systeme zu gehören. Sie reagiren alkalisch und schwellen, ohne zu schmelzen, etwas auf, aber bedeutend weniger als die einfachen borsauren Salze. Das vor dem Löthrohr geschmolzene Salz gesteht zu einem durchsichtigen Glase.

Das Salz, welches aus $\dot{Na}\dddot{B} + 3 Na Fl$ gebildet worden, wurde im Platintiegel bis zum Schmelzen erhitzt. Es verlor dabei 27 Proc. an Gewicht, entsprechend der Formel $3 Na Fl + \dot{Na}\dddot{B} + 8\dot{H}$, die 27,26 Procent Wasser angiebt. Die geschmolzene Masse füllte sich beim Erkalten langsam mit kleinen milchweifsen, kubischen Körnern, und blieb nur in den dünnen Kanten durchsichtig, wenn es schnell gestand. Beim Auflösen in kaltem Wasser hinterliefs es eine durchscheinend körnige Salzmasse, die wie Borfluornatrium aussah, sich aber als kleine Krystalle von Fluornatrium erwies, welche, wenn sie mit der, durch eine hinreichende Menge Wasser verdünnten Flüssigkeit gekocht wurden, sich wieder auflösten und beim Abdunsten ein Doppelsalz in klaren, mit sehr vielen Flächen versehenen Krystallen lieferten.

Das Salz von $6 Na Fl + \dot{Na}\dddot{B}^2$ verlor beim Glühen 35,8 Proc., entsprechend 22 Atomen Wasser, welches nach Rechnung 35,94 Proc. beträgt [1]), gemäfs der Formel:

$$3 Na Fl + \dot{Na}\dddot{B} + 8\dot{H}$$
$$3 Na Fl + \dot{H}^2\dddot{B} + 12\dot{H}.$$

Die Vertheilung des Wassers zwischen den beiden Verbindungen ist sicher willkührlich, und kann 10 At. in jeder betragen, da es nicht erwiesen, dafs der Krystallwassergehalt in dieser Verbindung derselbe ist als in dem für sich angeschossenen Salz. Die geschmolzene

1) Dafs bei diesem Versuch der Wassergehalt etwas zu klein ausgefallen, rührt von der Eigenschaft des Salzes her, in trockner Luft etwas Krystallwasser an der Oberfläche zu verlieren und dadurch trübe zu werden.

Masse dieses Salzes enthielt auch einige milchweifse Krystalle von Fluorcalcium, zwischen welchen das Uebrige durchsichtig war. Diese wiederum in siedendem Wasser aufgelöst, schofs beim Erkalten bis auf den letzten Tropfen an, ohne Borfluornatrium abzusetzen und ohne Anlafs zu der Vermuthung zu geben, dafs beim Glühen des Salzes etwas Fluorbor gebildet worden und fortgegangen sey.

Das letzte Glied in dem eben angeführten Salze enthält eine Verbindung von Fluornatrium mit borsaurem Wasser, in demselben relativen Verhältnisse wie zwischen dem borsauren Wasser und der Fluorwasserstoffsäure in der oben erwähnten Fluorborsäure. Es fragt sich nun: Kann diese Verbindung für sich bestehen? Um diese Frage zu beantworten löste ich 1 Atomgewicht lufttrockene krystallisirte Borsäure, $\dot{H}^3 \dddot{B}$ und 3 At. geglühten Fluornatriums zusammen in siedendem Wasser auf und dunstete die Lösung in gelinder Wärme ein, da dann beim Erkalten und später bei fortgesetzter freiwilliger Abdunstung die Verbindung in Krystallen anschofs, ganz den vorhergehenden Salzen gleich, ohne dafs Fluornatrium oder Borsäure für sich anschofs; leider konnte ich aber den Wassergehalt nicht mit Bestimmtheit ermitteln, da beim Schmelzen des Salzes Borsuperfluorid entwickelt ward. Das Salz hatte nicht die Eigenschaft, in warmer Luft zu verwittern. Die Krystalle gehörten zum rhomboëdrischen System.

Es ist übrigens bemerkenswerth, dafs die Borate und Fluorüre der Gegenwart des Wassers zu bedürfen scheinen, um in Verbindung gehalten zu werden, und dafs sie im geschmolzenen Zustande durch die Krystallisationskraft beim Erkalten von einander getrennt werden. Aufgelöst in Wasser, geben sie mit Erd- und Metallsalzen Niederschläge, welche in den meisten Fällen wieder aufgelöst werden, sobald eine gewisse Menge des Fällmittels hinzukommt. Setzt man viel Wasser hinzu, so löst sich der Niederschlag wieder auf, aber gewöhnlich

mit Hinterlassung einer kleinen Portion abgeschiedenen Fluorürs. Die Auflösung von $\dot{Na}\dddot{B}^2 + 6 Na Fl$ giebt mit Chlorcalcium einen Niederschlag von Fluorcalcium, erkennbar sowohl an der gallertigen Beschaffenheit als an der Eigenschaft, nach dem Waschen und Trocknen mit Schwefelsäure freie Fluorwasserstoffsäure zu entbinden.

Ich schmolz Borax mit Fluorcalcium in dem zur Bildung des Doppelsalzes nöthigen Verhältnisse zusammen, mit Zusatz von einem kleinen Ueberschufs an Borax, pülverte das Glas, und destillirte dasselbe in einer Glasretorte mit einer hinreichenden Menge concentrirter Schwefelsäure, wobei zugleich freie Borsäure mit der Säure überging. Die Retorte ward nicht angegriffen. Die überdestillirte Säure wurde, in der Absicht die Borsäure zu binden, in einem Platintiegel mit reiner Fluorwasserstoffsäure verdünnt, zur Vertreibung der Fluorwasserstoffsäure im Wasserbade verdunstet, und darauf in dem mit umgekehrtem Deckel bedeckten Tiegel eine gute halbe Stunde über einer Weingeistflamme gekocht, wobei sich ein grofser Theil der Säure unter dickem Rauch verflüchtigte. Ich liefs die Säure unter einer Glasglocke über concentrirter Schwefelsäure erkalten. Sie hatte bei +18° C. ein spec. Gewicht von 1,5842. Von dieser Säure wurden 10,511 Grm. abgewogen, mit Wasser verdünnt, und, in einem Platintiegel, auf 75,175 Grm. frisch geglühten gepülverten Bleioxyds gegossen. Das Gemenge wurde in gelinder Wärme abgedunstet, unter bisweiligem Umrühren eingetrocknet und darauf die Masse im Tiegel geschmolzen. Sie wog nun 81,54 Grm. und hatte folglich 4,176 Wasser abgegeben. Sie hatte also bestanden aus;

Borsuperfluorid	60,27
Wasser	39,73.

Aber von diesem Wasser war ein Theil als Sauerstoff in der Borsäure und als Wasserstoff in der Fluorwasserstoffsäure gewesen. Ein Atom Borsuperfluorid wiegt

837,606, und dieses war, nach dem angegebenen relativen Verhältnisse, verbunden gewesen mit 544,41 Th. Wasser, was, mit einer Abweichung von 18,0 fünf Atomen Wasser entspricht, die 562,4 wiegen. Diese geringe Abweichung, die sehr leicht ein Beobachtungsfehler seyn konnte, zeigte sich bei der Prüfung als herrührend von einer in der angewandten Fluorborsäure enthaltenen ganz geringen Portion Schwefelsäure, einer so geringen, dafs ich die Wiederholung des Versuchs für überflüssig hielt. Hieraus folgt also, dafs Fluorborsäure von 1,5842 spec. Gewicht aus 1 Atom Borsäure, 3 Doppelatomen Fluorwasserstoffsäure, wozu 3 Atome Wasser gehen, und 2 Atomen Wasser besteht, $=\dddot{B}+3HFl+2\dot{H}$. Glaublich ist, dafs die concentrirte Säure, in umgekehrter Ordnung bereitet, nämlich mit Borsuperoxyd übersättigt und der Ueberschufs davon durch Kochen ausgetrieben, ein höheres specifisches Gewicht besitzt und blofs 1 Atom Wasser enthält.

Das Resultat dieser Untersuchung ist also, dafs Thénard und Gay-Lussac's Fluorborsäure aus 3 Aequivalenten Fluorwasserstoffsäure und 1 Aequivalent Borsäure besteht, und deren Salze eine Verbindung von einem Sauerstoffsalz und einem Haloïdsalz darstellt. Dagegen ist die von mir beschriebene Borfluorwasserstoffsäure, welche entsteht, wenn concentrirte Fluorwasserstoffsäure Borsuperfluoridgas absorbirt, eine gekoppelte Fluorwasserstoffsäure, deren Kopplung Borsuperfluorid, zusammengesetzt aus 1 At. von jedem Bestandtheil, ist, und deren Salze keinen Sauerstoff enthalten, sondern aus 1 Atom Fluorür, verbunden mit 1 At. Borsuperfluorid, bestehen. Die Kieselfluorwasserstoffsäure ist auf gleiche Weise eine gekoppelte Fluorwasserstoffsäure, deren Kopplung Kieselsuperfluorid ist, aber aus 3 At. Fluorwasserstoffsäure und 2 At. Kieselsuperfluorid besteht.

XVI. *Heftiger Sandsturm zu Heidelberg am 25. Aug. 1842; von G. W. Muncke.*

In dem verflossenen, durch seine Witterungsverhältnisse so ausgezeichneten Sommer ereignete sich auch ein Sandsturm, welcher zwar nirgend eine mehr als vorübergehende Aufmerksamkeit erregt zu haben scheint, dennoch aber wegen seiner Seltenheit in dieser Ausdehnung den Meteorologen allgemeiner bekannt zu werden verdient. Allerdings gewahrt man oft, daſs örtliche Winde bedeutende Massen Staub, namentlich von groſsen Straſsen, emporheben und eine kurze Strecke weit fortführen, Schafheerden erregen häufig ganz eigentliche dicke Staubwolken, die Sandwirbel der Wüsten, die allmälige Fortführung des Sandes als Ursache bedeutender Versandungen sind allgemein bekannt. Auch erwähnt Forbes (*Quarterly Journ. XIX. p.* 362), daſs von der Westküste Afrika's einst bräunlicher Sand aufe in Schiff in etwa 600 engl. Meilen Entfernung herbeigeführt wurde und auf das Takelwerk desselben herabfiel; allein einestheils gehört auch dieses Phänomen, ungeachtet der furchtbaren Wettersäulen in jenen äquatorischen Gegenden (10°,5 N. Br.) unter die Seltenheiten, andterntheils könnte wohl das von mir beachtete Phänomen noch groſsartiger als das erwähnte gewesen seyn, auf allen Fall aber finde ich nirgend einen ähnlichen, unter mittleren Breiten beobachteten Niederfall von Staub erwähnt. Es sey mir daher erlaubt, meine Wahrnehmungen mitzutheilen, woraus die Eigenthümlichkeiten des Phänomens am deutlichsten hervorgehen werden.

Am 25. August, ungefähr um 7 Uhr Abends, bei etwas mehr als halbbewölktem Himmel, befand ich mich in meinem Garten in etwa 5000 Fuſs Entfernung vom

Geisberge, dessen höchster Punkt nahe 700 Fuſs über die Fläche der Stadt hervorragt, an der Südseite derselben liegt, und steil abschüssig an dieser Seite des Flusses, das äuſserste westliche Ende des von Bergen ganz eingeschlossenen, von O. nach W. sich erstreckenden, und in die weite Rheinebene sich öffnenden Neckarthals bildet, in dessen Ausgange Heidelberg liegt. Durch wachsende Trübung des Himmels aufmerksam gemacht, sah ich mich um, und bemerkte hinter dem genannten Berge eine dicke Wolke, die in wenigen Secunden über den Gipfel desselben heranzog, über diesen mindestens 100 Fuſs hoch hervorragte, diesseits aber einen starken, durch ungewöhnliche Weiſse ausgezeichneten Regen herabzuschütten schien. Die vorgefaſste Meinung, daſs dieses ein schnell herannahender heftiger Regen sey, um so mehr, als der, solche Gewitterschauer in der Regel begleitende Wind sich sofort mit ganz auſserordentlicher Heftigkeit erhob, hinderte die weitere genaue Beobachtung, vielmehr eilte ich, die einige Hundert Fuſs entfernte Wohnung zu erreichen, wurde aber ausnehmend überrascht, als mir noch vorher der heftige Sturmwind eine Menge trocknen Staubes in's Gesicht trieb, welcher mich nöthigte, unter Sicherung der Augen, mich in das Haus zu flüchten. Weil mir die ganze Erscheinung sehr auffiel, sofern der mich treffende Staub örtlicher Verhältnisse wegen in der Strecke diesseits des Geisberges nicht emporgehoben seyn konnte, der erwartete Regen aber gänzlich ausblieb, so beobachtete ich aus den Fenstern meiner Wohnung, und gewahrte sofort, daſs eine schwarze Wolke, einer dicken Gewitterwolke vollkommen gleichend, das ganze Neckarthal erfüllte, und sich im Allgemeinen in der Richtung nach Ost oder Nordost stromaufwärts bewegte [1]). Ob noch eine zweite Wolke von Nordost

1) Die eigentliche Richtung des Meteors war wohl ohne Zweifel die des Windes, welcher stark wirbelnd aus SSW. blieſs, das angegebene Hinaufziehen im Thale aber nur scheinbar.

her über den Heiligenberg an der entgegengesetzten Seite des Thals zu dieser, die aus SSW. angelangt war, hinzugekommen sey, wie es einen Augenblick den Anschein hatte, kann ich nicht angeben, scheint mir aber nicht wahrscheinlich, weil man an den hierhin nächstgelegenen Orten wohl Sturmwind, aber keinen Staub wahrgenommen zu haben berichtet, und eben so wenig vermag ich die Gestalt und Breite der Staubwolke zu bestimmen, weil sie das ganze Flufsthal einnahm, und vermöge ihrer Dicke über die zwischen 800 bis 900 Fufs über das Flufsbette hervorragenden Berge hinausreichte. Sie bewegte sich schnell; mit ihrer Entfernung verschwand der Sturm, die Bewölkung des Himmels nahm zu, die Sonne ging nicht leuchtend unter, am späten Abend sah ich am mehr erheiterten Himmel Wetterleuchten (oder vielmehr entfernte Blitze) im Osten, doch kam es nicht zum Regnen, vielmehr dauerte die unnatürliche Dürre fort, die, mit Ausnahme des vorletzten, schon einige vorhergehende und auch den verflossenen Sommer hindurch unser, wegen seines vielen Regens fälschlich verschrieenes Heidelberg furchtbar heimgesucht hat.

Ohne Zweifel hielt jeder Beobachter den von ihm wahrgenommenen Staub für örtlich aufgehobenen, wie dieses auch hier geschah, wo man seinen Ursprung von zwei nahe vor der Stadt sich durchkreuzenden Chausseen ableiten wollte, und das seltene Phänomen wäre daher unbeachtet geblieben, wenn mir nicht die angebliche Quelle für die enorme Höhe, welche der Staub erreicht haben müfste, um über den Berg zu kommen, und die erstaunliche Masse desselben ungenügend geschienen hätte. Als ich daher, wiewohl nur gelegentlich und in der Erwartung, dafs das singuläre Phänomen anderweitig beachtet seyn, und daher in öffentlichen Blättern erwähnt werden würde, Erkundigungen einzog, erfuhr ich von glaubhaften Augenzeugen, dafs nahe gleichzeitig dieser Staubsturm in südöstlicher Richtung von hier zu Nek-

kargemünd und Sinsheim, von letzterem Orte aus aber in nordöstlicher Richtung zu Amorbach und Miltenberg beobachtet war. An dem einen der genannten Orte flüchtete eine ganze Gesellschaft, gerade wie es bei mir der Fall war, von einem freien Platze in das nahe gelegene Haus, fand aber zu grofser Ueberraschung bald nachher, ohne eine Spur von Regen, nachdem sich der Sturm gelegt hatte, Tische, Stühle, Bänke u. s. w. mit einer merklichen Lage Staub bedeckt. Schätze ich die Entfernung von hier bis Sinsheim auf fast fünf Stunden in gerader Richtung, und von dort bis Miltenberg auf etwa zwölf Stunden, so dürfte doch wohl ein Areal von mindestens zehn Quadratmeilen herauskommen, über welchem der Staub herabfiel. Ergiebt sich nun hieraus von selbst die Grofsartigkeit des Phänomens, so tritt zunächst die Frage hervor, aus welcher Gegend wohl der Sturmwind diese enorme Masse Staub herbeigeführt haben möge. Seitdem Dove die krummlinige Bewegung solcher Stürme aufser Zweifel gesetzt hat, fehlt uns sogar jede Conjectur über diejenige Gegend, wo muthmafslich der Staub aufgehoben und bis zu seinem Niederfalle fortgetragen seyn könnte, die inzwischen auch ohne dieses sehr vage und unsicher seyn dürfte. Erwiesen ist dagegen wohl die Existenz ganz eigentlicher, beträchtlich weit fortschreitender Staubwolken.

XVII. *Submariner Vulkan im atlantischen Ocean.*

In einer früher der Pariser Academie überreichten Notiz hatte Hr. Daussy das Daseyn eines unter 0° 20′ S. und 22° W. liegenden submarinen Vulkans wahrscheinlich zu machen gesucht. Diese Anzeige hatte die Auf-

merksamkeit einiger Seefahrer erregt; sie suchten durch Peilungen in jenen Gegenden sich zu überzeugen, ob daselbst die Tiefe des Meeres geringer sey als an andern Orten, fanden aber nichts, was auf eine Erhöhung des Grundes schliefsen liefs. So blieb denn die Sache wieder zweifelhaft; im vergangenen Jahres sind indefs wiederum in Gegenden, die mit den früheren übereinstimmen, Erdstöfse auf dem Meere verspürt worden. Hr. Daussy bringt darüber zwei Nachrichten bei. Die erste ist aus dem *United service Journal* (Apr. 1842, *p.* 577) genommen, und stammt vom Hrn. Mason, Befehlshaber des Schiffes Neptun. Es wird darin gesagt, dafs diefs Schiff auf der Rückreise von China nach England, am 5. Febr. 1842 Morgens 5^h unter 0° 57′ S. und 20° 47′ W. Greenw. (23° 7′ W. Paris) eine so starke Erschütterung erfuhr, dafs Alles glaubte, man wäre auf ein Riff gerathen. Die Erschütterung dauerte gegen eine Minute und war von einem dumpfen, rollenden Getöse begleitet. Acht und zwanzig Tage darauf, wo man mit dem aus Indien kommenden *Harrison* zusammentraf, erfuhr man von diesem Schiff, dafs dasselbe ebenfalls zur nämlichen Zeit unter 0° 30′ S. und 21° 55′ W. Grw. einen ähnlichen Stofs verspürt hatte. Die zweite Nachricht ist dem *Nautical Magazine* (1842 Aug.) entlehnt und hat Hrn Rackham, Commandant des Schiffes *Anne-Marie*, zum Urheber. Es war gleichfalls am 5. Febr. 1842, Morgens 5^h, bei leichtem Winde, ruhigem Meer und schönem Wetter, als das Schiff zur grofsen Bestürzung der ganzen Mannschaft einen heftigen Stofs empfing, begleitet von einem dumpfen Rollen; um 5^h 50′ und 9^h 45′, und nach Mittage wiederholten sich die Stöfse, doch in immer schwächerem Grade. Um Mittag war der Ort des Schiffs 0° 44′ S. und 20° 16′ W. Greenw. (22° 36′ W. Paris), und man hatte von 5^h Morgens an 26 Meilen (Milles) aus SW. zurückgelegt, so dafs (nach Hrn. D's. Rechnung) damals das Schiff sich unter 0° 26′ S. und

22° 21′ W. Paris befand. — Hienach scheint also, wenn auch nicht gerade das Daseyn eines submarinen Vulkans, doch wenigstens das öftere Vorkommen von Erdbeben auf dem Meeresgrund jener Gegend erwiesen zu seyn. (*Compt. rend. T. XV p.* 446.)

XVIII. *Zusammensetzung der Farben des Spectrums zu weifsem Licht.*

Im vorigen Heft, S. 358, hat Hr. Prof. Müller zu Giefsen einen Versuch zur Zusammensetzung des weifsen Lichts aus den Farben des Spectrums beschrieben, der eben so einfach als lehrreich ist, aber freilich auch nicht neu. Es scheint nämlich allgemein bei uns übersehen zu seyn (denn sonst würde wohl Münchow seinen für den Zweck unnöthig complicirten Versuch unterlassen haben), dafs genau derselbe Versuch schon von Newton angestellt worden ist.

In seiner *Optics* (*third Edit.* 1721), *Book I, Part. II, Prop. V. Exper.* 11, heifst es nämlich: »*Let the Sun's coloured Image P T* [*in* Fig. 8 — ganz die im vorigen Heft gegebene Figur] *fall upon the Wall of a dark Chamber, as in the third Experiment of the first Book, and let the same be viewed through a Prism abc, held parallel to the Prism ABC, by whose Refraction that Image was made, and let it now appear lower than before, suppose in the place S over against the red Colour T. And if you go near to the Image P T, the Spectrum S will appear oblong and coloured like the Image P T; but it you recede from it, the Colours of the Spectrum S will be contracted more and more and at length vanish, that Spectrum S becoming perfectly round and white etc.*«

Auch in Göthe's »*Zur Farbenlehre*« (Bd. I S. 136 §. 351 bis 354) findet sich dieser Versuch, selbst in noch einfacherer Gestalt, beschrieben. Es heifst nämlich daselbst:

»Durch ein horizontal gestelltes Prisma werde das Sonnenbild an eine Wand hinauf geworfen. Ist das Prisma lang genug, dafs der Beobachter zugleich hindurchsehen kann, so wird das durch die objective Refraction hinaufgerückte Bild wieder herunter gerückt, und solches an der Stelle stehen, wo es ohne Refraction erschienen wäre.«

»Hiebei zeigt sich ein bedeutendes, aber gleichfalls aus der Natur der Sache herfliefsendes Phänomen. Da nämlich, wie schon so oft erinnert worden, das objectiv an die Wand geworfene gefärbte Sonnenbild keine farbige noch unveränderliche Erscheinung ist; so wird bei obgedachter Operation das Bild nicht allein für das Auge heruntergezogen, sondern auch seiner Ränder und Säume völlig beraubt, und in eine farblose Kreisgestalt zurückgebracht.«

XIX. *Löslichkeit des Chlorgases in Wasser.*

In einer kürzlich veröffentlichten Abhandlung hat Pelouze angegeben [1]), dafs die Löslichkeit dieses Gases bei 9° oder 10° C. ihr Maximum erreiche, und dafs diefs dieselbe Temperatur sey, bei welcher das Chlorhydrat zerfalle. Das Volum des Wassers zur Einheit nehmend fand er nämlich, dafs dasselbe löse:

bei 0° C.	1,75 bis 1,80 Vol.		bei 30° C.	2,00 bis 2,10 Vol.	
- 9 -	2,70 - 2,75 -		- 40 -	1,55 - 1,60 -	
-10 -	2,70 - 2,75 -		- 50 -	1,15 - 1,20 -	
-12 -	2,50 - 2,60 -		- 70 -	0,60 - 0,65 -	
-14 -	2,45 - 2,50 -				

1) *Compt. rend. T. XVI p.* 43.

Hiezu bemerkt Gay-Lussac in einer späteren Abhandlung [1]): Ich habe mich genau mit demselben Gegenstand beschäftigt, allein da ich mir vorgenommen hatte, die Löslichkeit einiger Gase speciell zu behandeln, so habe ich nur beim Chlor angeführt, dafs bei etwa 8° C. das Maximum eintrete. Folgendes sind die Resultate, die ich in meinem Tagebuche aufgezeichnet finde. Ein Volum Wasser nimmt auf:

0° C.	1,43 Vol.	17° C.	2,37 Vol.
3 -	1,52 -	35 -	1,61 -
6 ,5 -	2,08 -	50 -	1,19 -
7 -	2,17 -	70 -	0,71 -
8 -	3,04 -	100 -	0,15 -
10 -	3,00 -		

das Gas als bei 0° C. und 0m,76 gemessen vorausgesetzt. Ich werde auf diese Löslichkeit des Chlors zurückkommen, die nur die scheinbare, nicht die wahre Löslichkeit ist. Letztere erhält man, wenn man die ersteren mit $\frac{P}{f}$ multiplicirt, wo P der atmosphärische Druck und f die der jedesmaligen Temperatur entsprechende Spannkraft des Wasserdampfs ist. So ist die scheinbare Löslichkeit des Chlors bei 70°, wie angegeben, 0,71 Vol., die wahre dagegen $0{,}71 \times \frac{0^m{,}7600}{0^m{,}2291} = 2{,}355$ Vol. Dasselbe gilt von der Löslichkeit aller Gasarten.

1) *Compt. rend. T. XVI p.* 308.

1843. ANNALEN №. 4.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LVIII.

I. *Ueber die gewöhnlichste Reihe der Blattstellungsgesetze; von C. F. Naumann in Leipzig.*

Braun und Schimper haben gezeigt, dafs unter allen in der Natur vorkommenden Blattstellungen diejenigen bei weitem am häufigsten sind, deren Charakteristik einem Gliede der Reihe

$\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{3}{8}, \frac{5}{13}, \frac{8}{21}, \frac{13}{34}, \frac{21}{55}$ u. s. w.

entspricht. Da sie jedoch das Feld ihrer Untersuchung mit grofsem Scharfsinne nach allen Richtungen hin durchforschten, so konnte es ihnen nicht entgehen, dafs auch noch *andere* Blattstellungen vorkommen. So findet Braun eine Reihe folgender Zahlen:

$\frac{1}{4}, \frac{3}{7}, \frac{4}{11}, \frac{7}{18}, \frac{11}{29}, \frac{18}{47}, \frac{29}{76}$ u. s. w.

und entwickelt noch viele andere Nebenreihen von Blattstellungsgesetzen.

Wenn wir nun die Blattstellungen als das Resultat einer *quincuncialen Anordnung* betrachten, welche die Natur mit mehr oder weniger Regelmäfsigkeit zu verwirklichen strebt, so fragt es sich, worin denn eigentlich der *Zusammenhang* jener, zu *einer* Reihe gehörigen Blattstellungen begründet sey.

Zwar habe ich in diesen Annalen (Bd. LVI S. 22) eine Erklärung dieses Zusammenhanges angedeutet; dieselbe war jedoch irrig, und beruhte auf meiner damaligen Unkenntnifs der Art und Weise, *wie* die Natur eigentlich den *Uebergang* aus *einer* quincuncialen Anordnung in die nächstfolgende bewerkstelligt [1])

1) Viele, sehr wichtige Betrachtungen über die Gesetze der Aneinanderreihung verschiedener Anordnungen gab Braun nach Schimper, in der Allgemeinen botanischen Zeitung, 1835. No. 10 bis 12.

Das Studium der reichen Cacteen-Sammlung des Hrn. Wechselsensal Kob allhier hat mich gelehrt, dafs ein wirkliches Eintreten *neuer Orthostichen* oder Zeilen [1]) stattfinde, sobald eine minderzählige in eine mehrzählige Stellung übergeht. Es ist also *nicht* das Ueberspringen eines schiefen Strophensystems in die verticale Richtung, sondern die *wirkliche Einschaltung* so vieler *neuer* Orthostichen, als erforderlich sind, wodurch die Natur jenen Uebergang bewirkt. Diese Einschaltung erfolgt theils mittelbar, durch eine Gabelung schon vorhandener Orthostichen, theils unmittelbar, durch das Eindrängen ganz selbstständiger Orthostichen.'

Die Geschlechter *Melocactus*, *Echinocactus*, *Echinopsis* und *Cereus*, in welchen die Orthostichen durch die Rippen oder Kanten so deutlich ausgeprägt sind, gestätten eine besonders leichte und sichere Verfolgung der Erscheinung. So zeigten z. B. Exemplare von *Echinocactus sessiliflorus*, *E. cornigerus* und *E. anfractuosus* ganz entschieden *unten* 13, *oben* 21 Rippen, und die Abzählung der Strophen gab dort $\frac{5}{13}$, hier $\frac{8}{21}$ als die Charakteristik des Quincunx. Dabei schienen jedoch die Strophen fast gar nicht gestört zu seyn, so dafs man, nur auf ihre Lage und nicht auf ihre Bedeutung achtend, aus dem einen Quincunx in den andern fortzählen konnte, ohne eine Aenderung in der Zahl und Richtung der Strophen wahrzunehmen. Die 5 Archistrophen und die 8 Protostrophen erster Ordnung des unteren Quincunx machten sich dort vorzüglich bemerkbar; und eben so traten im oberen Quincunx 5 und 8 Strophen hervor, welche nur eine Fortsetzung jener unteren zu seyn schienen.

Allein bei einer genaueren Untersuchung ergab sich, dafs beide quincunciale Anordnungen *widersinnig* ausgebildet waren, dafs die *Archi*strophen des *unteren* Quincunx mit den *Proto*strophen *zweiter* Ordnung des *obe-*

1) Für die verticalen Reihen oder Zeilen ist, nach Braun und Schimper, das Wort Orthostiche gebraucht worden.

ren Quincunx, und dagegen die *Archi*strophen des *letzteren* mit den *Proto*strophen *erster* Ordnung des *ersteren* zusammenfielen.

Es sind also an und für sich sehr *verschiedene*, aber durch *gleiche Coordinationszahl* charakterisirte Strophensysteme, welche, sich an einander anschliefsend, den Uebergang aus dem einen Quincunx in den nächstfolgenden vermitteln, so dafs für die *Blattvertheilung* selbst jeder *hiatus* oder Sprung dort vermieden wird, wo sich ein solcher für die *Totalform* der Pflanze durch das Eintreten von 8 neuen Orthostichen sehr auffallend zu erkennen giebt.

Da hiermit das Verknüpfungsgesetz für *zwei* Glieder der Hauptreihe gegeben zu seyn schien, so lag der Gedanke sehr nahe, dafs es wohl für alle Glieder derselben Reihe Gültigkeit haben werde; und so verhält es sich auch in der That. Bei dem Uebergange *eines* Quincunx in den *nächstfolgenden* dieser Reihe finden also jedesmal nachstehende Bedingungen statt:

1) *Umsetzung der Richtung* (Antidromie Schimper's), so dafs der eine nach rechts, der andere nach links aufsteigt;
2) *Gleichheit der Coordinationszahl* für die Archistrophen des oberen Quincunx und die Protostrophen erster Ordnung des unteren Quincunx; und
3) *Gleichheit der Coordinationszahl* für die Protostrophen zweiter Ordnung des oberen Quincunx und die Archistrophen des unteren Quincunx.

Diese *Gleichheit* der Coordinationszahlen von beiderseits *verschiedenen* Strophensystemen erscheint als die eigentliche *Grundbedingung* für die Möglichkeit eines unmittelbaren Anschliefsens zweier quincuncialer Gesetze, ohne dafs damit eine Störung in der Anordnung des Ganzen verbunden wäre.

Die Rechnung läfst nun aus denen *ad* 2 und 3 stehenden Bedingungen Folgendes ableiten.

Für irgend eine Strophe der p^{ten} Ordnung und q^{ten} Klasse ist die Coordinationszahl (Ann. Bd. LVI S. 19):

$$c = qm - pn$$

für Archistrophen ist $q = 0$, $p = 1$, also

$$c = n$$

für Protostrophen ist $q = 1$, und für die der *ersten* Ordnung insbesondere auch $p = 1$, also

$$c = m - n$$

für Protostrophen der *zweiten* Ordnung ist $p = 2$, also

$$c = m - 2n.$$

Ein Quincunx Q nach $\frac{n}{m}$ wird also, den obigen Bedingungen zufolge, in einen Quincunx Q' nach $\frac{n'}{m'}$, unmittelbar übergehen können, wenn:

$$n' = m - n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$m' = 2m - n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

oder wenn:

$$\frac{n'}{m'} = \frac{m - n}{2m - n}.$$

Ein dritter Quincunx Q'' nach $\frac{n''}{m''}$, fordert eben so die Bedingung:

$$\frac{n''}{m''} = \frac{m' - n'}{2m' - n'} = \frac{m' - n'}{m' + (m' - n')}.$$

Substituirt man hierin für $m' - n'$ den, aus den Gleichungen (1) und (2) folgenden Werth m, so wird

$$\frac{n''}{m''} = \frac{m}{m' + m},$$

und setzt man ferner in den Zähler dieses Bruches statt m den, aus der Gleichung (1) folgenden Werth, so resultirt:

$$\frac{n''}{m''} = \frac{n' + n}{m' + m}.$$

Folglich stellen diese drei, unmittelbar auf einander folgenden Glieder $\frac{n}{m}$, $\frac{n'}{m'}$, und $\frac{n''}{m''}$, den Anfang einer Reihe

dar, deren Glieder die Eigenschaft besitzen, dafs der Zähler und der Nenner eines jeden Gliedes die Summen der beiden Zähler und der beiden Nenner der zwei vorhergehenden Glieder sind.

Diefs ist die merkwürdige Eigenschaft aller, zu einer und derselben Verwandtschaftsreihe gehörigen Stellungsgesetze, auf welche Braun die Aufmerksamkeit der Botaniker gelenkt hat, und welche wir gegenwärtig als eine blofse *Folgerung* der eigentlichen *Grundbedingung aller* Verwandtschaft erkannt haben, dafs nämlich die Coordinationszahlen gewisser ungleichnamiger Strophen einander gleich seyn müssen.

Ist nun $\frac{1}{2}$ das erste Glied der Reihe, so folgt das zweite Glied:

$$\frac{n'}{m'} = \frac{1}{3},$$

und dann ergiebt sich durch blofse Addition der Zähler und Nenner die ganze Hauptreihe, welche in der Natur eine so aufserordentlich wichtige Rolle spielt:

$$\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{3}{8}, \frac{5}{13}, \frac{8}{21} \text{ u. s. w.}$$

Ist dagegen $\frac{1}{4}$ das erste Glied der Reihe, so folgt für das zweite Glied:

$$\frac{n'}{m'} = \frac{3}{7},$$

und dann, abermals durch blofse Addition der Zähler und Nenner, die zweite von Braun nachgewiesene Reihe:

$$\frac{1}{4}, \frac{3}{7}, \frac{4}{11}, \frac{7}{18}, \frac{11}{29} \text{ u. s. w.}$$

Warum nun gerade die Glieder der Hauptreihe so aufserordentlich häufig in der Natur verwirklicht sind, diefs mag vielleicht durch folgende Betrachtung erklärt werden. Man sieht offenbar, dafs der *einfache* Quincunx mit dem Werthe $\frac{1}{m}$ (Annal. Bd. LVI S. 6 und 27) gewissermafsen als die *Wurzel* aller übrigen quincuncialen Anordnungen zu betrachten ist; denn eine jede Verwandtschaftsreihe *beginnt* ja mit einer Varietät des einfachen Quincunx. Die einfachste aller einfachen quincuncialen

Anordnungen ist aber diejenige mit der Charakteristik $\frac{1}{2}$; auf sie folgt zunächst die mit der Charakteristik $\frac{1}{3}$. Beide diese einfachsten Formen stehen aber in dem Verhältnisse einer unmittelbaren gegenseitigen Ableitbarkeit, denn sie sind ja die ersten Glieder der Hauptreihe. Die Wurzel $\frac{1}{2}$ führt zunächst auf die Wurzel $\frac{1}{3}$, und, wie sich beide gegenseitig bedingen, so führen sie auch beide nur auf *eine* und *dieselbe* Reihe von *weiteren* Entwicklungen. Wenn wir nun bedenken, dafs die Natur ihre Schöpfungen mit besonderer Vorliebe aus den einfachsten Elementen herausbildet, und dafs diese Elemente für die Blattstellungen in den beiden ersten Gliedern der Hauptreihe (gleichsam zweien Wurzeln desselben Stammes) gegeben sind, so kann es wohl nicht befremden, dafs der grofsen Mehrzahl der Pflanzen ihre Blattstellungen durch Glieder jener Reihe bestimmt wurden.

Nachdem solchergestalt vom Standpunkte der Quincuncial-Methode aus die Bedingungen für den Uebergang *eines* Quincunx der Hauptreihe in den *andern* nachgewiesen worden sind, so wird es nicht überflüssig seyn, die besondere Modalität dieses Ueberganges an einigen Beispielen zu erläutern.

Ein Exemplar von *Echinocactus Karwinskii, Zucc.* zeigte sehr deutlich den Uebergang aus dem Quincunx $\frac{3}{8}$ in den Quincunx $\frac{5}{13}$. Denkt man sich die Erscheinung auf einem cylindrischen, statt auf einem sphäroïdischen Stamme ausgebildet, und die cylindrische Oberfläche abgewickelt, so erscheint solche wie Fig. 1.

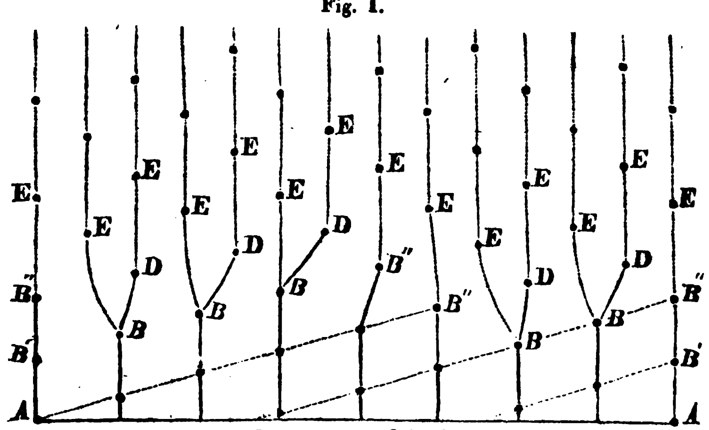
In der unteren Hälfte sieht man nur 8 ungetheilte Rippen, auf deren Kanten die Stachelwarzen nach dem Gesetze $\frac{3}{8}$ vertheilt sind, so dafs

3 links aufsteigende Archistrophen, und

5 rechts aufsteigende Protostrophen der ersten Ordnung hervortreten. Von diesen 8 Rippen *gabeln* sich weiter aufwärts 5, wodurch eben so viele *neue* Orthostichen entstehen, und die, für den neuen Quincunx erforderliche

Zahl von 13 Rippen erfüllt wird. Der *Uebergang* des unteren in den oberen Quincunx erfolgt aber an jedem Gabelungspunkte folgendermaſsen. In der Richtung des

Fig. 1.



Uebergang aus $\frac{3}{8}$ in $\frac{5}{13}$.

einen, primären, mit der Archistrophe des unteren Quincunx gleichsinnig (also links) aufsteigenden Zweiges erfolgt ein Schritt von 8 Einheiten ($=AB'$), oder von der Gröſse der Punkt-Distanz des unteren Quincunx, womit denn dieser Quincunx selbst sein Ende erreicht. In der Richtung des andern, secundären, widersinnig (also rechts) aufsteigenden Zweiges aber erfolgt ein Schritt von 13 Einheiten ($=BE$), womit der neue Quincunx seinen Anfang nimmt. Die drei ungetheilt gebliebenen Rippen setzen ebenfalls von den Punkten B'' aus die Distanz 13 ein, so wie die fünf primären Zweige BD von D aus mit derselben Distanz fortschreiten, worauf denn von den 13 Punkten E aus in jeder Orthostiche das neue Schrittmaaſs 13 ununterbrochen fortsetzt. So tritt denn der Quincunx nach $\frac{5}{13}$ vollständig hervor, und zeigt

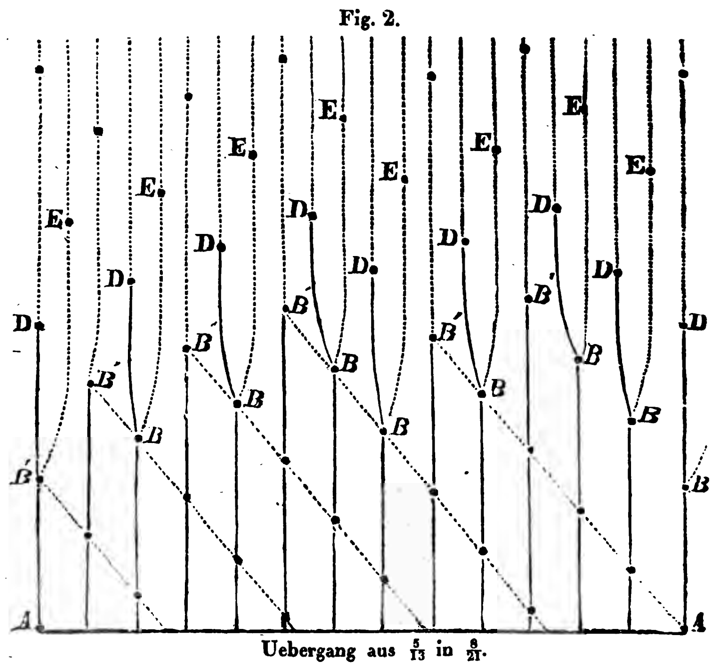
5 rechts aufsteigende Archistrophen, als die Fortsetzung der vorherigen Protostrophen erster Ordnung;

3 links aufsteigende Protostrophen zweiter Ordnung, als Fortsetzung der vorherigen Archistrophen.

Die allgemeine, in diesen Strophen ausgedrückte Regelmäfsigkeit der Blattstellung erscheint dabei ungestört, und man kann die Strophen ohne Unterbrechung aus dem einen Quincunx in den andern fortzählen und verfolgen. Zur besseren Unterscheidung sind die Schritte des unteren Quincunx durch ausgezogene, die des oberen Quincunx durch punktirte Linien, und die Archistrophen des ersteren durch gestrichelte Linien ausgedrückt worden.

Ein Exemplar von *Echinocactus sessiliflorus*, *Mackie*, zeigte den oben erwähnten Uebergang des Quincunx $\frac{5}{13}$ in den Quincunx $\frac{8}{21}$, und Fig. 2 giebt ein Bild dieses Ueberganges, wie er auf einem cylindrischen Stamme erscheinen würde.

Fig. 2.



Uebergang aus $\frac{5}{13}$ in $\frac{8}{21}$.

Die *untere* Hälfte zeigt den Quincunx $\frac{5}{13}$ mit
5 rechts aufsteigenden Archistrophen,
8 links aufsteigenden Protostrophen erster Ordnung, und
3 links aufsteigenden Protostrophen zweiter Ordnung.

Die *obere* Hälfte zeigt den Quincunx $\frac{8}{21}$ mit
8 links aufsteigenden Archistrophen (als Fortsetzung der vorherigen Protostrophen erster Ordnung),
5 rechts aufsteigenden Protostrophen zweiter Ordnung (als Fortsetzung der vorherigen Archistrophen) und
3 links aufsteigenden Protostrophen dritter Ordnung.

Der Uebergang erfolgt dadurch, dafs sich 8 von den 13 unteren Rippen der Pflanze gabeln, wodurch nach oben 21 Rippen zur Entwicklung kommen. Von den Gabelungspunkten B aus (welche allemal durch eine Stachelwarze bezeichnet sind) setzt sich in denen, mit den Archistrophen des unteren Quincunx gleichsinnig (rechts) aufsteigenden Zweigen noch einmal das alte Schrittmaafs 13 ($=BD$) ein, womit der untere Quincunx geschlossen ist; in denen widersinnig aufsteigenden Zweigen dagegen setzt sich das neue Schrittmaafs 21 ($=BE$) ein, womit der obere Quincunx eröffnet wird. Die 5 ungetheilt gebliebenen Rippen setzen ebenfalls von B' aus mit dem neuen Schrittmaafse fort.

Ganz denselben Uebergang beobachtete ich an einem *gröfseren* Exemplare von *Echinocactus cornigerus*, während eine Menge *kleiner* Exemplare derselben Species sämmtlich unten 8, oben 13 Rippen zählten, und dort nach $\frac{3}{8}$, hier nach $\frac{5}{13}$ gebildet waren.

Diese beiden Beispiele werden hinreichen, um den Uebergang zweier, unmittelbar auf einander folgender Glieder der Hauptreihe zu erläutern.

Welche Rippen sich *gabeln* sollen, darüber scheint kein bestimmtes Gesetz zu walten; auch würde man dasselbe Resultat bekommen, wenn man in den Figuren 1 und 2 *andere* Rippen der Gabelung unterwerfen wollte, als diejenigen, welche an den von mir studirten Exemplaren diese Erscheinung zeigten.

Das Wesentliche aber, worauf es ankommt, ist:

1) Dafs von *jeder* Gabelungsstelle aus der mit dem älteren Quincunx *gleichsinnig* aufsteigende Zweig

noch mit dem älteren Schrittmaafse, dagegen der *widersinnig* aufsteigende Zweig mit dem neueren Schrittmaafse beginnt, worauf sich dann das neuere Schrittmaafs in beiden geltend macht; und

2) dafs jede *un*getheilt gebliebene Orthostiche oder Rippe bis über die, ihr zunächst liegende Gabelungsstelle noch mit einem Schritte des älteren Maafses fortsetzt, bevor sie das neue Schrittmaafs annimmt.

Um zu beweisen, dafs die Quincuncial-Methode auch von den Uebergängen anderer, in der Hauptreihe nicht begriffener Blattstellungen mit derselben Leichtigkeit Rechenschaft zu geben vermag, dazu mag die Erwähnung folgender zwei Beispiele dienen.

In der Sammlung des Hrn. Kob befinden sich mehre schöne Exemplare von *Melocactus amoenus*. Die meisten derselben zeigen durchaus nur 10 Rippen, dabei 4 Archistrophen und 6 Protostrophen der ersten Ordnung; woraus folgt, dafs sie nach dem Gesetz $\frac{4}{10}$, oder, richtiger ausgedrückt, nach dem Gesetze $\frac{2}{5}$ mit wiederholtem Cyclus ausgebildet, und folglich mit zweizähligen Blattwirteln versehen sind. *Ein* Exemplar jedoch zeigt unten 9, oben 10 Rippen, und ist dort nach dem Gesetz $\frac{4}{9}$, hier nach dem Gesetz $\frac{5}{10}$, oder $5(\frac{1}{2})$ gebildet. Der Uebergang erfolgt an der einzigen sich gabelnden Rippe dadurch, dafs von dem Gabelungspunkte aus der, mit der unteren Archistrophe gleichsinnig aufsteigende Zweig mit dem Schrittmaafse 8, der widersinnig aufsteigende Zweig aber mit dem Schritte 12 fortwächst, worauf sich der ganze, zwischen der Archistrophe und der ersten Protostrophe des Gabelungspunktes enthaltene Theil des Stammes, unter Zugrundlegung des Schrittmaafses 8, nach dem Gesetze $\frac{1}{2}$ fortbildet.

Ein Exemplar von *Cereus colubrinus* ist unten mit 11, oben mit 12 Rippen versehen, während die Blattstellung *unten* dem Gesetze $\frac{5}{11}$, *oben* dem Gesetze $\frac{6}{12}$,

oder 6($\frac{1}{2}$) folgt. An der Uebergangsstelle gabelt sich die eine der 11 unteren Rippen, und der, mit der unteren Archistrophe gleichsinnig aufsteigende Zweig wächst mit dem Schrittmaafse 10, während der widersinnig aufsteigende Zweig einen Schritt nach 15 macht, worauf sich der ganze obere Theil des Stammes, welcher zwischen der Archistrophe und der ersten Protostrophe des Gabelungspunktes enthalten ist, unter Zugrundlegung des Schrittmaafses 10 nach dem Gesetze $\frac{1}{2}$ fortbildet.

Ueberhaupt geht also ein zusammengesetzter Quincunx nach $\frac{n}{m}$ (wo m eine ungerade Zahl ist) dadurch in einen repetirten binären Quincunx $\frac{m+1}{2}$($\frac{1}{2}$) über, dafs irgend eine Orthostiche eine Gabelung erfährt, von welcher aus in der Richtung der Archistrophen zunächst nach $2n$, in der andern Richtung nach $3n$ fortgeschritten wird. Die vom Gabelungspunkte auslaufende Archistrophe und Protostrophe erster Ordnung sind diejenigen, mit welchen der erste Quincunx abschliefst, und oberhalb welcher der zweite Quincunx nach dem Schrittmaafse $2n$ und dem Gesetze $\frac{1}{2}$ zur Ausbildung kommt.

Wenn sich aus diesen Betrachtungen ergiebt, dafs die Quincuncial-Methode von den verwickeltsten Verhältnissen der Blattstellung mit Einfachheit und Sicherheit Rechenschaft zu geben vermag, so dürfte sie wohl neben der Spiral-Methode einige Beachtung verdienen. Die Phytotomie allein wird darüber zu entscheiden haben, welche von beiden Methoden physiologisch-anatomisch begründet ist.

Zum Schlusse dieser Mittheilung will ich die an einigen cannelirten oder gerippten Cacteen und Euphorbien beobachteten Blattstellungen angeben, um andere Beobachter zu veranlassen, die ihnen vorkommenden Uebereinstimmungen oder Abweichungen anzumerken.

I. *Aus der Hauptreihe* beobachte ich folgende Gesetze:

1) *Quincunx nach* $\frac{1}{2}$; Archistrophen und Protostrophen erster Ordnung gleichwerthig,

mit zweimaliger Repetition, also 2($\frac{1}{2}$), vier Rippen, an:

Cereus Forbesii,
- - *Bomplandi*,

mit dreimaliger Repetition, also 3($\frac{1}{2}$), sechs Rippen, an:

Cereus geometrizans, Mart.,
- - *peruvianus*, De C.,
- - *Jamacuru*, Salm.,

mit viermaliger Repetition, also 4($\frac{1}{2}$), acht Rippen, an:

Cereus conicus, Otto,

mit fünfmaliger Repetition, also 5($\frac{1}{2}$), zehn Rippen, an:

Cereus crenulatus, Salm.,
- - *spinobarbis*, Otto,
Melocactus communis, De C.,
Echinocactus theiacanthus, Lem.

mit sechsmaliger Repetition, also 6($\frac{1}{2}$), zwölf Rippen, an:

Echinopsis Eyriesii,

mit siebenmaliger Repetition, also 7($\frac{1}{2}$), vierzehn Rippen, an:

Echinopsis campylacantha,

mit achtmaliger Repetition, also 8($\frac{1}{2}$), sechszehn Rippen, an:

Echinopsis turbinata.

2) *Quincunx nach* $\frac{1}{3}$; drei Rippen, 1 Archistrophe, 2 Protostrophen erster Ordnung, an:

Euphorbia magnidens, und
- - *trigona*.

3) *Quincunx nach* $\frac{2}{5}$;

in einmaliger Ausbildung, 5 Rippen, 2 Archistrophen und 3 Protostrophen erster Ordnung, an:

Echinocactus platyceras, Lem.,

mit zweimaliger Repetition, also 2($\frac{2}{5}$), 10 Rippen, 4 Archistrophen, 6 Protostrophen erster Ordnung, an:

Melocactus amoenus,
- - *Gardnerianus*,
- - *meonacanthus*,

mit dreimaliger Repetition, also 3($\frac{2}{5}$), oder 15 Rippen, 6 Archistrophen und 9 Protostrophen erster Ordnung, an:

Melocactus curvispinus.

4) *Quincunx nach* $\frac{3}{8}$;

in einmaliger Ausbildung, also 8 Rippen, 3 Archistrophen und 5 Protostrophen erster Ordnung, an:

Echinocactus robustus, Otto,
- - *Mirbelii*, Lem.,
- - *ingens*, Zucc.,
- - *Karwinskii*, Zucc.,

mit zweimaliger Repetition, also 2($\frac{3}{8}$), 16 Rippen, 6 Archistrophen, 10 Protostrophen erster und 4 Protostrophen zweiter Ordnung, an:

Echinocactus anfractuosus, Mart.,
- - *acuatus*, L. et O.,

5) *Quincunx nach* $\frac{5}{13}$, mit 13 Rippen, 5 Archistrophen und 8 Protostrophen erster Ordnung, an:

Echinocactus sessiliflorus, Mackie,
- - *anfractuosus*, Mart.,
- - *recurvus*, L. et O.,
- - *tetracanthus*, Lem.,
- - *Sellowianus*, L. et O.,
- - *electracanthus*, Lem.,
- - *cornigerus*, De C.

6) *Quincunx nach* $\frac{8}{21}$; mit 21 Rippen, 8 Archistrophen und 13 Protostrophen erster Ordnung, an mehren der vorhergenannten Species, und aufserdem an:

Echinocactus obvallatus, De C.,
- - *stellatus*, Scheidw.,
- - *muricatus*, Otto,
- - *Courantii*, Lem.,
- - *crispatus*, De C.,
- - *campylacanthus.*

7) *Quincunx nach* $\frac{13}{34}$; mit 34 Rippen oder Orthostichen, 13 Archistrophen, 21 Protostrophen erster Ordnung, an:

Echinocactus grandicornis, Lem.,
- - *phyllacanthoides*, Lem.,
- - *pentacanthus*, Lem.

II. Aus *anderen* Reihen sind besonders häufig die Gesetze $\frac{3}{7}$, $\frac{4}{9}$ und $\frac{5}{11}$; so fand ich unter andern:

1) *Quincunx nach* $\frac{3}{7}$;

in einmaliger Ausbildung, 7 Rippen, 3 Archistrophen, 4 Protostrophen erster Ordnung, an:

Cereus macrogonus, Otto,
- - *Coryne*, Link.,
- - *clavatus*, Otto,

in zweimaliger Wiederholung, also $2(\frac{3}{7})$; 14 Rippen, 6 Archistrophen und 8 Protostrophen erster Ordnung, an:

Echinocactus suberinaceus, Lem.,
- - *tortuosus*, L. et O.

2) *Quincunx nach* $\frac{4}{9}$; 9 Rippen, 4 Archistrophen, 5 Protostrophen erster Ordnung, an:

Pilocereus Columna, Lem.,
Cereus gladiatus, Lem.,
- - *Hystrix*, Salm.,
- - *candicans*, *var. tenuispinus*,
- - *divaricatus*, Lem.,
- - *eburneus*, Salm.,
- - *floccosus*, Otto,
- - *Olfersii*, Otto, andere Exemplare anders.
Melocactus depressus.

3) *Quincunx nach* $\frac{5}{11}$; 11 Rippen, 5 Archistrophen und 6 Protostrophen erster Ordnung, an:

Echinocactus tenuispinus, L. et O.,
- - *Ottonis*, Lehm.,
- - *Forbesii*,
Cereus fulvibarbis.

4) *Quincunx nach* $\frac{5}{12}$; 12 Rippen, 5 Archistrophen und 7 Protostrophen erster Ordnung, an:

Melocactus rubens, Pfr.,
Echinocactus Zuccarinii,
- - *dolichacanthus*, *Lem.*

5) *Quincunx nach* $\frac{6}{13}$; 13 Rippen, 6 Archistrophen und 7 Protostrophen erster Ordnung, an:
Echinocactus gibbosus,
Echinopsis pulchella, Zucc.

6) *Quincunx nach* $\frac{7}{16}$; 16 Rippen, 7 Archistrophen und 9 Protostrophen erster Ordnung, an:
Echinocactus formosus, Gill.

7) *Quincunx nach* $\frac{8}{19}$; 19 Rippen, 8 Archistrophen, und 11 Protostrophen erster Ordnung, an:
Echinocactus erinaceus, Lem.

8) *Quincunx nach* $\frac{9}{19}$; 19 Rippen, 9 Archistrophen und 10 Protostrophen erster Ordnung, an:
Echinocactus mammulosus, Lem.

Als eine mir auffällig gewesene Erscheinung bemerke ich noch, dafs an einem Stämmchen von *Euphorbia mammillaris* von unten nach oben die Gesetze $\frac{3}{7}$, $\frac{4}{9}$, $\frac{5}{11}$ und $\frac{6}{13}$ zu verfolgen waren.

II. *Nachtrag zu dem Aufsatz: „Ueber die theoretische Erklärung einer scheinbar neuen Polarität des Lichts; von G. B. Airy.*

(*Philosoph. Transact. f.* 1841, *pt. I p.* 1.)

Im zweiten Theil der *Transactions* des Jahrs 1840 hat die K. Gesellschaft einen Aufsatz von mir veröffentlicht, welcher die von Sir David Brewster beobachtete scheinbar neue Polarität des Lichts nach der Undulationstheorie erklärt [1]). Die Erklärung stützt sich auf die Voraussetzung: dafs das Spectrum aufserhalb des Brennpunkts beobachtet werde, eine Voraussetzung, die den Umständen bei meinen eigenen Beobachtungen und bei denen einiger anderen Personen entspricht. Seit der

1) S. Annalen, Bd. LIII S. 459.

Veröffentlichung jenes Aufsatzes hat Sir David Brewster mir versichert, daſs die Erscheinung am sichersten mit groſser Deutlichkeit beobachtet werde, wenn man das Spectrum so genau im Brennpunkt betrachtet, daſs viele der feineren Fraunhofer'schen Linien sichtbar sind. Diese Beobachtung scheint den von mir citirten des Hrn. Talbot [1]), so wie meinen eigenen zu widersprechen. Um die Dunkelheit zu entfernen, die sonach noch den Gegenstand einzuhüllen scheint, habe ich die theoretische Untersuchung fortgesetzt für den im früheren Aufsatz unberücksichtigten Fall, daſs das Spectrum im Brennpunkt beobachtet werde oder $a=0$ sey [2]); und ich bin zu einem Resultat gelangt, welches die anscheinend widerstreitenden Angaben vollkommen auszugleichen scheint.

In der folgenden Untersuchung werde ich die Symbole und Formeln der früheren Abhandlung, so weit sie anwendbar sind, ohne weitere Rückweisung anwenden.

Der Werth von ϱ (a. a. O. S. 467) wird, wenn man $a=0$ macht:

$$\varrho=e-\frac{b}{e}y$$

und die Verschiebung des Aethers an dem Punkt der Netzhaut, dessen Abstand vom geometrischen Bilde b ist, erzeugt durch ein kleines Stück δy der Vorderseite der Welle, ist:

$$\delta y\times sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-\varrho) \text{ oder } \delta y\times sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-e+\frac{b}{e}y\right);$$

deshalb ist an diesem Punkt der Netzhaut die gesammte Verschiebung des Aethers, erzeugt durch denjenigen Theil der Pupille, der nicht durch eine verzögernde Platte bedeckt ist.

$$\int_y sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(v-e+\frac{b}{e}y\right),$$

wo

1) S. Annalen, Bd. LIII S. 464.
2) A. a. O. S.

wo die Gränzen des Integrals diejenigen Werthe von y sind, die den Umrissen des nicht von einer verzögernden Platte bedeckten Theils der Pupille entsprechen.

Ist aber ein Theil der Pupille bedeckt durch eine Platte, welche die Verzögerung R (ausgedrückt als Winkel) in der Phase der Welle hervorbringt, so hat man für die dem bedeckten Theile entsprechenden Gränzen folgenden Ausdruck zu integriren:

$$\int_y \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}(vt-\varrho)-R\right)$$

oder

$$\int_y \sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-e+\frac{b}{e}y\right)-R\right].$$

Gehen die Gränzen der Pupille von $-h$ bis $+h$, ohne Rücksicht auf die andere Ordinate ihrer Fläche (welches darauf hinausläuft, die Form der Pupille als ein Parallelogramm zu betrachten), und sey der von R abhängige Theil zwischen den Gränzen 0 und $+h$ zu nehmen (was so viel ist als annehmen, es sey an der Seite, wo b als positiv betrachtet wird, die Hälfte der Pupille bedeckt); dann ist die gesammte Störung des Aethers:

$$\int_y \sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-e+\frac{b}{e}y\right) \text{ von } y=-h \text{ bis } y=0$$

$$+\int_y \sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-e+\frac{b}{e}y\right)-R\right] \text{ von } y=0 \text{ bis } y=+h$$

$$=\frac{\lambda e}{2\pi b}\left\{\cos\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-e-\frac{bh}{e}\right)-\cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-e)\right.$$

$$\left.+\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}(vt-e)-R\right)-\cos\left[\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-e+\frac{bh}{e}\right)-R\right]\right\}$$

Der Coëfficient von $\cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-e)$ ist:

$$\frac{\lambda e}{2\pi b}\left\{\cos\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{bh}{e}-1+\cos R-\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{bh}{e}-R\right)\right\}$$

$$=-\frac{\lambda e}{2\pi b}\left\{1-\cos\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{bh}{e}-\cos R+\cos\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{bh}{e}\times\cos R\right.$$

$$\left.+\sin\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{bh}{e}\times\sin R\right\}$$

$$=-\frac{\lambda e}{2\pi b}\left\{\left(1-\cos\frac{2\pi}{\lambda}.\frac{bh}{e}\right)(1-\cos R)+\sin\frac{2\pi}{\lambda}.\frac{bh}{e}\times\sin R\right\}$$

$$=-\frac{\lambda e}{2\pi b}4\sin\frac{\pi}{\lambda}.\frac{bh}{e}\times\sin\frac{R}{2}\left\{\sin\frac{\pi}{\lambda}.\frac{bh}{e}\times\sin\frac{R}{2}\right.$$

$$\left.+\cos\frac{\pi}{\lambda}.\frac{bh}{e}\times\cos\frac{R}{2}\right\}$$

$$=-\frac{2\lambda e}{\pi b}.\sin\frac{\pi bh}{\lambda e}.\sin\frac{R}{2}.\cos\left(\frac{\pi bh}{\lambda e}-\frac{R}{2}\right)$$

und der Coëfficient von $\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-e)$ ist:

$$=\frac{\lambda e}{2\pi b}\left\{\sin\frac{2\pi}{\lambda}.\frac{bh}{e}+\sin R+\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}.\frac{bh}{e}-R\right)\right\}$$

$$=\frac{\lambda e}{2\pi b}\left\{\sin\frac{2\pi}{\lambda}.\frac{bh}{e}\times(1+\cos R)+\sin R\times\left(1-\cos\frac{2\pi}{\lambda}.\frac{bh}{e}\right)\right\}$$

$$=\frac{2\lambda e}{\pi b}.\sin\frac{\pi bh}{\lambda e}.\cos\frac{R}{2}\left\{\cos\frac{\pi bh}{\lambda e}.\cos\frac{R}{2}+\sin\frac{R}{2}.\sin\frac{\pi bh}{\lambda e}\right\}$$

$$=\frac{2\lambda e}{\pi b}.\sin\frac{\pi bh}{\lambda e}.\cos\frac{R}{2}.\cos\left(\frac{\pi hb}{\lambda e}-\frac{R}{2}\right).$$

Und die Intensität des Lichts an dem Punkt der Netzhaut, welche durch die Summe der Quadrate dieser Coëfficienten vorgestellt wird, ist:

$$\frac{4\lambda^2 e^2}{\pi^2 b^2}.\sin^2\frac{\pi bh}{\lambda e}.\cos^2\left(\frac{\pi bh}{\lambda e}-\frac{R}{2}\right).$$

Setzt man Kürze halber $\frac{\pi bh}{\lambda e}=\omega$, und läfst den constanten Factor $4k^2$ fort, so wird der Ausdruck:

$$\left(\frac{\sin\omega}{\omega}\right)^2.\cos^2\left(\omega-\frac{R}{2}\right),$$

wobei man sich erinnern mufs, dafs ω ein Vielfaches ist der Entfernung des geometrischen Bildes des Lichtpunkts von demjenigen Punkt der Netzhaut, für welchen die Intensität gesucht wird. Auch mufs man inne bleiben, dafs dieser Ausdruck für den genannten Punkt der Netzhaut diejenige Intensität giebt, welche durch einen einzelnen Lichtpunkt oder eine einzelne der Gränzkante der verzögernden Platte parallele Lichtlinie erzeugt wird.

Die folgende Tafel enthält die Werthe von

$$\left(\frac{\sin\omega}{\omega}\right)^2 \cos^2\left(\omega-\frac{R}{2}\right)$$

für jede 10° von ω und jede 60° von R. Bei Berechnung derselben ist ω in Graden ausgedrückt und die letzte Ziffer der in der Tafel enthaltenen Zahlen ist die achte Decimale.

Werthe von ω.	Werthe von R.					
	0°.	60°.	120°.	180°.	240°.	300°.
—175°	25	20	8	0	4	17
—165	229	230	123	17	17	123
—155	610	738	499	133	6	245
—145	1050	1553	1286	515	12	280
—135	1372	2560	2560	1372	184	184
—125	1413	3527	4261	2882	767	33
—115	1109	4168	6164	5101	2043	47
—105	567	4231	7896	7896	4231	567
— 95	84	3618	9032	10912	7378	1964
— 85	104	2453	9216	13631	11282	4519
— 75	1111	1111	8294	15475	15475	8294
— 65	3473	148	6396	15970	19294	13046
— 55	7298	169	3962	14884	22013	18221
— 45	12346	1654	1654	12346	23038	23038
— 35	18020	4796	204	8835	22060	26652
— 25	23474	9402	217	5104	19175	28360
— 15	27778	14887	1994	1994	14886	27778
— 5	30154	20389	5427	231	9996	24959
+ 5	30154	24959	9996	231	5427	20388
+ 15	27778	27778	14887	1994	1994	14887
+ 25	23474	28360	19175	5104	217	9402
+ 35	18020	26651	22060	8835	204	4794
+ 45	12346	23038	23038	12346	1654	1654
+ 55	7298	18220	22013	14884	3962	169
+ 65	3473	13045	19294	15970	6396	148
+ 75	1111	8294	15475	15475	8294	1111
+ 85	104	4519	11282	13631	9216	2453
+ 95	84	1964	7378	10912	9032	3618
+105	567	567	4231	7896	7896	4231
+115	1109	47	2043	5101	6164	4168
+125	1413	33	767	2882	4261	3527

Werthe von ω.	Werthe von R.					
	0°.	60°.	120°.	180°.	240°.	300°.
+135°	1372	184	184	1372	2560	2560
+145	1050	279	12	515	1286	1553
+155	610	245	6	133	499	738
+165	229	123	16	17	123	230
+175	25	17	4	0	8	20

Ich hielt es für unnöthig die Tafel über die Werthe von $\omega = -175°$ und $+175°$ hinaus fortzusetzen, weil die Werthe von $\left(\frac{\sin \omega}{\omega}\right)^2$ sehr klein werden. Das höchste Maximum dieser Gröfse tritt ein, wenn $\omega = 0$; dessen Werth (ω in Gliedern des Radius ausgedrückt) ist dann $= 1$. Das zweite Maximum findet statt, wenn $\omega = \frac{3\pi}{2}$ nahe; sein Werth ist dann nahe $\left(\frac{2}{3\pi}\right)^2$, nahe $= \frac{1}{22}$, dessen Betrag wahrscheinlich einen unbeträchtlichen Einflufs auf die nun zu betrachtenden Ausdrücke ausübt.

Die Curven der Fig. 10 Taf. II repräsentiren durch ihre Ordinaten die Werthe von $\left(\frac{\sin \omega}{\omega}\right)^2 \cos^2\left(\omega - \frac{R}{2}\right)$. Die Werthe von R sind bis 720° fortgesetzt, um die successiven Verschiebungen der Hauptbogen der Curven deutlicher vor die Augen zu führen. Die Ordinaten repräsentiren also die Lichtintensität an den verschiedenen Punkten desjenigen kleinen verwaschenen Bildes auf der Netzhaut, welches durch das von einem einzigen Punkt herkommende Licht gebildet wird, selbst wenn er genau im Brennpunkt gesehen wird. Die äufserste Breite des in der Figur vorgestellten Bildes entspricht $\omega = 360°$ oder ist $= \frac{2\lambda e}{h}$.

Drücken wir den Flächenraum jeder der Curven durch die Summen der Ordinaten, dividirt durch 36, aus, so erhalten wir folgende Werthe:

7234	für	$R = 0°$
7055	-	$R = 60$
6696	-	$R = 120$
6517	-	$R = 180$
6696	-	$R = 240$
7055	-	$R = 300$.

Ich schreite nun zur Anwendung dieser Zahlen auf die in Rede stehenden Erscheinungen.

Von den verschiedenen Punkten eines auf irgend eine Weise gebildeten Spectrums möge Licht auf das Auge einfallen. Das Charakteristische des Spectrums rücksichtlich der gegenwärtigen Untersuchung besteht darin, dafs die Ordnung in der Lage der verschiedenen Farben dieselbe ist, wie die Ordnung der verschiedenen Werthe von R.

Erstens. Gesetzt der Werth von $\frac{2\lambda e}{h}$ sey klein, wenigstens im Vergleich mit dem Abstande zwischen denjenigen Punkten des Bildes vom Spectrum, für welche R sich um 360° geändert hat.

1) Es sey $\frac{2\lambda e}{h}$ aufserordentlich klein. Da die Curve nach jeder Aenderung von R um 360° und nicht öfter dieselbe Form annimmt, so ist klar, dafs die Aufeinanderfolge der Streifen (wenn deren überhaupt da sind) in dem sichtbaren Bilde von den Aenderungen der Gröfse R um 360° abhängt. Unsere Voraussetzung läuft also darauf hinaus: dafs die Ausdehnung des kleinen verwaschenen Bildes ungemein geringer ist als der Zwischenraum zwischen den Streifen (falls sie da sind). Hier ist klar, dafs die Bildung der breiten Streifen nicht von den Ungleichheiten des Lichten in dem schmalen verwaschenen Bilde abhängen kann, sondern bedingt werden mufs von der Lichtmenge in dem Ganzen eines jeden kleinen verwaschenen Bildes, betrachtet als totales Licht aus einem Punkte des Spectrums. Nun ist das totale

Licht gleich für alle Punkte. Denn, da die Intensität des Lichts, welches von einem leuchtenden Punkt kommt und auf die Netzhaut fällt, durch $\left(\frac{\sin\omega}{\omega}\right)^2 \cos^2\left(\omega-\frac{R}{2}\right)$ vorgestellt wird, so ist das gesammte, von jenem Punkt kommende Licht $=\int_\omega \left(\frac{\sin\omega}{\omega}\right)^2 \cos^2\left(\omega-\frac{R}{2}\right)$, die Gränzen des Integrals dabei $\pm\infty$. Nun ist dieses bestimmte Integral unabhängig von R. Denn:

$$\cos^2\left(\omega-\frac{R}{2}\right)=\tfrac{1}{2}-\tfrac{1}{2}\cos R+\cos R.\cos^2\omega+\sin R.\cos\omega.\sin\omega$$

und folglich:

$$\left(\frac{\sin\omega}{\omega}\right)^2\cos^2\left(\omega-\frac{R}{2}\right)=\left(\tfrac{1}{2}-\tfrac{1}{2}\cos R\right)\left(\frac{\sin\omega}{\omega}\right)^2$$
$$+\cos R\left(\frac{\cos\omega.\sin\omega}{\omega}\right)^2+\sin R\,\frac{\cos\omega.\sin^3\omega}{\omega^2}$$

und die gesammte Intensität des Lichts wird vorgestellt durch:

$$\left(\tfrac{1}{2}-\tfrac{1}{2}\cos R\right)\int_\omega\left(\frac{\sin\omega}{\omega}\right)^2+\cos R\int_\omega\left(\frac{\cos\omega.\sin\omega}{\omega}\right)^2$$
$$+\sin R\int_\omega\frac{\cos\omega\sin^3\omega}{\omega^2},$$

dabei die Gränzen der Integration $\pm\infty$. Das letzte Glied, indem es das Zeichen ändert, wenn es ω thut, macht offenbar sein bestimmtes Integral $=0$. Die beiden vorhergehenden können unter die Form gebracht werden:

$$\left(\tfrac{1}{2}-\tfrac{1}{2}\cos R\right)\int_\omega\left(\frac{\sin\omega}{\omega}\right)^2+\tfrac{1}{2}\cos R\int_{2\omega}\left(\frac{\sin 2\omega}{2\omega}\right)^2.$$

Wenn $\int_\omega\left(\frac{\sin\omega}{\omega}\right)^2$ von $-\infty$ bis $+\infty$ gleich S ist, dann ist auch $\int_{2\omega}\left(\frac{\sin 2\omega}{2\omega}\right)^2$ von $-\infty$ bis $+\infty$ gleich S, und der Ausdruck wird:

$$\left(\tfrac{1}{2}-\tfrac{1}{2}\cos R\right).S+\tfrac{1}{2}\cos R.S \text{ oder } \tfrac{1}{2}S,$$

was unabhängig ist von R. Das gesammte Licht also ist

unabhängig von R oder gleich an allen Punkten. Daher entstehen keine Streifen.

2) Allein wenn $\frac{2\lambda e}{h}$ zwar klein, aber nicht äufserst klein, so kann der Haupteindruck auf das Auge gemacht werden von dem mittlichen Fleck des Lichts aus jeder Quelle, eingeschlossen zwischen den Werthen $\omega = -180°$ und $\omega = +180°$; während diejenigen Lichttheile, welche sich jenseits des centralen Flecks erstrecken, in der That verknüpft werden können mit den centralen Lichtflecken aus den Quellen in kleinem Abstande an jeder Seite. Und wenn die Betrage in den centralen Flecken aus verschiedenen Quellen ungleich sind, während die Gesammtbetrage aus den verschiedenen Quellen gleich sind, so ist einleuchtend, dafs ein heller centraler Fleck aus einer Quelle combinirt werden kann mit hellen abgesonderten Theilen aus einer anderen Quelle, während ein schwächerer centraler Fleck aus der zweiten Quelle combinirt werden kann mit einem unbedeutenden abgesonderten Punkt aus der ersten Quelle, und so kann die gesammte Ungleichheit des Lichts das Doppelte der Ungleichheit der centralen Flecke seyn. Nun ist, wie wir gefunden, der Betrag des Lichts in dem centralen Fleck am gröfsesten und gleich 7234, wenn $R = 0$ oder $= 2\pi$, und am kleinsten, nämlich gleich 6517, wenn $R = \pi$ oder $= (2n+1)\pi$. Der Unterschied beider ist $\frac{1}{10}$ des Ganzen, und folglich ist an jedem Punkt der Netzhaut der Unterschied des gesammten Lichts, welches durch Combination des centralen Flecks, gebildet durch eine Quelle, mit dem abgesonderten Licht, gebildet von einer andern Quelle, hervorgebracht werden kann, nahe $\frac{1}{5}$ des Ganzen. Diese Ungleichheit des Lichts ist völlig hinreichend, deutliche Streifen zu bilden.

Die so gebildeten Streifen hängen nur von den Veränderungen im Werthe von R ab. Es ist ganz gleichgültig, ob R zu- oder abnimmt nach der Seite, an wel-

cher b als positiv betrachtet wird, d. h. gleichgültig, ob die verzögernde Platte auf Seite des rothen oder des violetten Endes vom Spectrum angebracht wird. Diese Streifen scheinen die gewesen zu seyn, die von Hrn. Talbot und auch von mir selbst bei Beschauung des Spectrums aufserhalb des Brennpunkts gesehen wurden. Sie erfordern, dafs $\frac{2\lambda e}{h}$ nicht grofs sey, d. h. dafs die Apertur der Pupille ($2h$) oder die Apertur des angewandten Fernrohrs nicht sehr klein sey, und die Aenderungen von R nicht sehr rasch geschehen, d. h. dafs die Platte von Glimmer u. s. w. dünn sey. Diese Umstände fanden sich bei meinem Versuch. Ich kann hinzufügen, dafs die dunklen Streifen nicht schwarz sind, sondern nur schwärzlich (*dusky*), wie es die obigen Zahlen andeuten.

Zweitens. Gesetzt der Werth von $\frac{\lambda e}{h}$ sey vergleichbar mit dem Abstand zwischen den Punkten des Bildes vom Spectrum, zwischen denen R sich um 360° ändert. Gesetzt z. B. er sey diesem Abstande gleich.

1) Es sey das rothe Ende des äufsern Spectrums an derselben Seite wie die verzögernde Platte, d. h. an welcher b als positiv betrachtet wird. Dann ist auf der Netzhaut das Violett an dieser Seite oder R nimmt zu nach der positiven Seite. Es sey k die Ordinate, gemessen von einem festen Punkt auf der Netzhaut nach dem Centrum des verwaschenen Bildes irgend einer Farbe (k also eine Function von λ), und l die Ordinate, gemessen von demselben festen Punkt zu dem Punkt, für welchen die Intensität ermittelt werden soll; dann ist $k+b=l$ oder $b=l-k$, und die von irgend einer Lichtart erzeugte Intensität wird vorgestellt durch:

$$\frac{\sin^2 \frac{\pi h}{\lambda e}(l-k)}{\left\{\frac{\pi h}{\lambda e}(l-k)\right\}^2} \cos^2\left(\frac{\pi h l}{\lambda e} - \frac{\pi h k}{\lambda e} - \frac{R}{2}\right).$$

Die Summe der Intensitäten, die an irgend einem Punkt der Netzhaut durch alle die verschiedenen Lichtarten aus den anliegenden Theilen des Spectrums gebildet wird, ergiebt sich durch Veränderung von k in diesem Ausdruck und durch Addition aller so erzeugten Werthe. Wenn nun R mit k wächst (was geschieht, wenn das rothe Ende des äufsern Spectrums an der Seite der verzögernden Platte liegt), so erleidet der Factor $\cos^2\left(\frac{\pi h l}{\lambda e}-\frac{\pi h k}{\lambda e}-\frac{R}{2}\right)$ sehr grofse Veränderungen durch die combinirten Veränderungen von $\frac{\pi h k}{\lambda e}$ und $\frac{R}{2}$, was auch der Werth von l sey, und die Reihenfolge von Werthen, welche derselbe erlangt, wird für verschiedene Werthe von l nicht wesentlich verschieden seyn; der erste Factor $\frac{\sin^2\frac{\pi h}{\lambda e}(l-k)}{\left\{\frac{\pi h}{\lambda e}(l-k)\right\}^2}$ wird auch grofse, aber für verschiedene Werthe von b nahe gleiche Veränderungen erleiden; und demgemäfs wird das Aggregat aller Werthe für verschiedene Werthe von k, welches die gesammte Intensität des Lichts an den Punkt l vorstellt, nahe dasselbe seyn.

Diefs Aggregat wird graphisch dargestellt, wenn man voraussetzt, man bewege die zweite Curve in Fig. 10 Taf. II nach rechts, die dritte noch weiter rechts u. s. w., und nehme die Summe der Ordinaten der verschiedenen Curven, welche dann senkrecht unter einander stehen. Offenbar werden dann die grofsen Ordinaten einer Curve zu den kleinen eine andere addirt, so dafs in jedem Theil angenähert ein mittlerer Werth entsteht. Führen wir dieselbe Operation numerisch aus, indem wir die letzte Zahl der ersten Kolumne der Tafel S. 539 mit der vierten vom Ende in der zweiten Kolumne, der siebenten vom Ende in der dritten Kolumne und so fort bis zur

zwölften Kolumne combiniren (bemerkend, dafs die Zahlen in den Kolumnen nach der sechsten wiederkehren, oder als vor der ersten wiederkehrend angesehen werden können), und erwägen wir, dafs wir durch Addition der Zahlen aus den 12 Kolumnen in der That die Intensitäten aus allen verwaschenen, in irgend einem Grade superponirten Bildern combiniren, und dividiren wir sie endlich durch 12, so finden wir folgende Zahlen als Ausdrücke für die Intensitäten:

6884, 6882, 6881, 6879, 6875, 6872, 6870, 6868, 6867, 6868 etc.,

worin 6884 die gröfste und 6868 die kleinste. Es ist klar, dafs dann keine Streifen sichtbar seyn werden.

2) Es sey das violette Ende des äufsern Spectrums an derselben Seite wie die verzögernde Platte. Der algebraische Ausdruck bleibt noch derselbe, allein in seiner Auslegung findet sich der bedeutende Unterschied, dafs R (welches nach dem violetten Ende des Spectrums hin wächst) in dem Spectrum auf der Netzhaut am gröfsten ist an der Seite, an welcher k negativ ist, oder dafs R abnimmt, wenn k wächst. Und wenn $\frac{\lambda e}{h}$ gleich ist der Veränderung von k, die einer Veränderung von R um 2π entspricht, oder wenn $\frac{\pi h}{\lambda e} \cdot \frac{\lambda e}{h}$ (oder π) gleich ist der Veränderung von $\frac{\pi h k}{\lambda e}$, die einer Veränderung von R um 2π oder von $\frac{R}{2}$ um π entspricht, so heben die Veränderungen von $\frac{\pi h k}{\lambda e}$ und von $\frac{R}{2}$ einander genau auf; es ist $\frac{\pi h k}{\lambda e} + \frac{R}{2} =$ einer Constanten C, und die gesammte Intensität des Lichts an einem gegebenen Punkt findet sich durch die Summe aller Gröfsen:

$$\frac{\sin^2 \frac{\pi h}{\lambda e}(l-k)}{\left\{\frac{\pi h}{\lambda e}(l-k)\right\}^2} . \cos^2\left(\frac{\pi h l}{\lambda e} - C\right),$$

aus welchen verschiedene Werthe von k entspringen. Da der zweite Factor unabhängig ist von k, und da die Veränderungen des ersten, die aus dem geänderten Werthe von k entspringen, ähnlich sind (bis zu der Erstreckung, bis welcher das Licht merklich ist) für jeglichen Werth von l, so folgt, dafs das Aggregat ausgedrückt seyn wird durch die Form $B\cos^2\left(\frac{\pi h l}{\lambda e} - C\right)$. Dieser Ausdruck sagt, dafs Licht von allen Intensitätsgraden, von dem hellsten B bis Null oder gänzlicher Dunkelheit, vorhanden seyn wird, und dafs sämmtliche Veränderungen (oder die dunklen Streifen) wiederkehren, wenn $\frac{\pi h l}{\lambda e}$ sich um 2π, oder wenn l sich um $\frac{2\lambda e}{h}$ geändert hat.

Diese Combination wird graphisch dargestellt, wenn man die zweite Curve der Fig. 10 Taf. II um 30° zurückschiebt, die dritte um 60°, und so fort, und dann die Summe aller der nun vertical unter einander stehenden Ordinaten nimmt. Es ist klar, dafs die Ordinaten *Null* einander überall entsprechen. Führen wir dieselbe Operation numerisch aus, combiniren die erste Zahl der ersten Kolumne in der Tafel mit der vierten Zahl der zweiten Kolumne, der siebenten Zahl der dritten Kolumne u. s. w., und dividiren dann die Summe durch zwölf, so finden wir folgende Zahlen:

13646, 12829, 11295, 9227, 6875, 4524, 2456, 921, 105, 105, 921 etc.,

von denen die gröfste 13646 oder etwas gröfser und die kleinste Null ist.

Offenbar bezeichnen diese Zahlen die Bildung der schwärzesten und der hellsten Streifen.

Der betrachtete Fall (wenn $\frac{\lambda e}{h}$ genau gleich ist der Veränderung von k, die einer Veränderung von R um 2π entspricht), ist der günstigste für die Entstehung der Streifen; allein es ist leicht ersichtlich, dafs, wegen der geringen Ausdehnung des verwaschenen Bildes, deutliche Streifen gebildet werden, wenn die einer Aenderung von R um 2π entsprechende Aenderung von k merklich gröfser oder geringer ist als $\frac{\lambda e}{h}$.

Der Zwischenraum der Streifen ist $\frac{2\lambda e}{h}$, und ist also für gewöhnlich klein. Er wird jedoch breiter, wenn man h klein macht, d. h. wenn man die Apertur der Pupille zusammenzieht, oder wenn man ein Fernrohr mit begränztem Objectiv anwendet. Der Werth von R ändert sich um 2π mit keiner gröfseren Aenderung in der Beschaffenheit des Lichts als derjenigen, welche erzeugt wird, wenn man von einem Theil des Spectrums übergeht zu einem andern, der (auf der Netzhaut) um $\frac{2\lambda e}{\lambda}$ entfernt ist, und deshalb mufs die verzögernde Platte verhältnifsmäfsig dick seyn.

Offenbar sind diefs die Streifen, welche Sir David Brewster sah, als er das Spectrum in dem Brennpunkt beobachtete.

Die Untersuchung, was die Erklärung der Bildung oder Nichtbildung der Streifen unter verschiedenen Umständen betrifft, wenn ein Theil der Pupille mit einer dünnen Platte eines durchsichtigen Mediums bedeckt, und das Auge gedreht wird, um ein Spectrum zu sehen, kann nun als hinreichend vollständig und, wie ich glaube, vollkommen genügend betrachtet werden. Einige Aenderung in den Ausdrücken würde ohne Zweifel entstehen, wenn man die Kreisform der Pupille, die von Sir Brewster bei einigen Versuchen angewandte geneigte Lage der

durchsichtigen Platte etc., in Erwägung zöge; doch würde, meines Erachtens, die allgemeine Erklärung dadurch nicht abgeändert werden.

III. *Ueber die Erscheinungen bei dünnen Platten von starren und flüssigen Substanzen im polarisirten Licht;* *von Sir David Brewster.*

(Schlufs von Seite 465 dieses Bandes.)

Bei einem Einfall von 45° auf Wasser und Glas, wo die Zeichen von φ und φ''' dieselben sind, ist der gröfste Unterschied in den Polarisationsebenen 23° 12'; und bei einem Einfall von 10° ist der gröfste Unterschied 2° 16' und findet statt bei einem Azimuth von etwa 45°.

Bei der *Seife* und dem *Tafelglase*, wo die Ringe mit schwarzem Mittelpunkt jenseits des Einfalls 71° 45' erscheinen, ist der Unterschied in der Neigung der Ebenen beider Bündel auch geringer als 90°.

Ich war nun begierig die Erscheinungen eines vollkommenen Ringsystems für den Fall zu untersuchen, dafs die Schicht ein gröfseres Brechvermögen als die darunter befindliche Substanz habe. Nach manchen fruchtlosen Versuchen zur Erlangung eines solchen Systems glückte es dadurch, dafs ich eine sehr geringe Menge Lorbeeröl (*oil of Laurel*) auf Wasser in einem schwarzen Gefäfse oder auf verdünnte oder unverdünnte Dinte brachte. Die dadurch erhaltenen Ringe waren unbeschreiblich prachtvoll und zeigten die verschiedenen Erscheinungen in auffallender Schönheit. Da der Polarisationswinkel des Oels den des Wassers übertrifft, so werden die Ringe mit *schwarzem* Mittelpunkt beim Polarisationswinkel des Wassers gesehen, wo das reflectirte Licht verschwindet. Man

sieht sie fortwährend bis zum Polarisationswinkel des Oels, wo sie verschwinden und die Ringe mit *weiſsem* Mittelpunkt beginnen, und sichtbar bleiben bis zum Einfall von 90° [1]).

Bei Bildung dünner Schichten auf der Oberfläche verschiedener Metalle fand ich die Erscheinungen nahe gleich auf allen und wenig verschieden von denen, welche auf durchsichtigen Substanzen hervorgebracht werden. Auf einem schönen Exemplar von *Eisenglanz* fand ich ein Ringsystem mit drei Farben-Ordnungen fertig gebildet. Als das Azimuth des polarisirten Lichts um 90° gegen die Reflexionsebene neigte, verschwand das Ringsystem vollständig bei dem Einfallswinkel 58° 36′, welcher daher der Polarisationswinkel der unbekannten Substanz ist, aus welchem das System gebildet war; folglich ist deren Refractionsindex etwa 1,638. Zwischen diesem Winkel und 90° Einfall erschienen Ringe mit *weiſsem* Mittelpunkt, allein bei 72° 39′, dem Polarisationswinkel des Eisens (welcher dessen Brechvermögen für *rothe* Strahlen zu 3,200 giebt) waren die Ringe ungemein schön, erscheinend auf schön blauem Grund, der durch das Verschwinden des bei diesem Winkel polarisirten *rothen* Lichts entstand. Ich maaſs nun das Azimuth der Polarisationsebene als die Ringe verschwanden, und fand es 59° 25′, wogegen die Formel 57° 59′ giebt, ein Unterschied, der

1) Diese dünnen Schichten von Lorbeeröl zeigen einige sonderbare Erscheinungen, welche, glaube ich, noch nicht bemerkt worden sind. Benäſst man mit Wasser, Alkohol oder Lorbeeröl das Ende eines kurzen Drahts, z. B. eine Stecknadel, und hält diese in der Hand, mit dem Kopf nach oben und die Schicht beinahe berührend, so weicht die Schicht in kleinen kreisförmigen Wellen zurück, und diese bilden ein neues System von farbigen Ringen, welche von dem Dampf der Flüssigkeit auf dem Kopf der Nadel in so kleinen Theilchen bedeckt werden, daſs sie kein Licht reflectiren und geschwärzt erscheinen. Beim Fortziehen der Nadel kehrt die Schicht in ihren früheren Zustand zurück. Dasselbe zeigt sich, wenn man die Nadel oder die Flüssigkeit auf ihr erhitzt, so daſs eine Verdampfung entsteht.

nicht wundern kann, wenn man erwägt, dafs statt des Brechverhältnisses für die mittleren Strahlen, das nicht bekannt ist, das für die rothen Strahlen, nämlich 3,200, gebraucht ward. Die Neigung der Polarisationsebenen der beiden interferirenden Bündel, berechnet nach den beiden vorhergehenden Formeln, ist +32° 7′ und −57° 53′, so dafs, da diese Ebenen 90° gegen einander neigen, wie bei der Seife und dem Diamant, keine Interferenz stattfindet und die Ringe verschwinden.

An schönen Stufen des *Eisenglanzes* von Elba habe ich Krystalle gefunden bedeckt mit den schönsten gefärbten Schichten, sowohl von gleichförmiger als ungleichförmiger Dicke. Diese Schichten werden nicht von Säuren angegriffen, wie die farbigen Schichten auf Stahl; und sie scheinen, ihren optischen Eigenschaften nach, metallischer Natur zu seyn. Werden sie einem polarisirten Strahl ausgesetzt, so zeigen sie im Allgemeinen dieselben Erscheinungen wie die schon beschriebenen Schichten; allein es giebt keinen Einfallswinkel, bei welchem die Farben verschwinden, weder in dem Azimuth 90°, beim Polarisationswinkel an der Vorderfläche der Schicht, noch in denjenigen Azimuthen, wo die Bündel von der Vorder- und der Hinterfläche ihre Polarisationsebenen winkelrecht gegen einander haben. Diefs entspringt ohne Zweifel aus dem hohen Brechvermögen der Schicht, in Folge dessen die verschiedenen homogenen Strahlen unter bedeutend von einander abweichenden Winkeln polarisirt werden.

Wenn durchsichtige Schichten von geringem Brechvermögen auf polirte Metallflächen gelegt, und dem polarisirten Lichte ausgesetzt werden, so sind die Erscheinungen nicht sehr verschieden von denen, welche dieselben Schichten auf durchsichtigen Flächen zeigen. Ich gebrauchte zunächst Seifenlösung, die auf Spiegelmetall ziemlich gute Farben gab; allein zuletzt verfiel ich auf eine Methode, durch welche man auf Flächen aller

Art, auf metallische, durchsichtige und undurchsichtige, die schönsten Systeme von Farbenringen hervorbringen kann. Zu dem Ende nahm ich *Lorbeeröl*, welches, auf Wasser geschüttet, sich zu einem Häutchen ausbreitet, welches das schönste System von Farbenringen giebt. Nachdem ich eine Platte polirten Metalls in einen porösen Holztrog gelegt, gofs ich Wasser in denselben, so viel, dafs die Metallfläche $\frac{1}{30}$ Zoll hoch bedeckt wurde; dann bildete ich auf dem Wasser unmittelbar über der Metallfläche eine Schicht von Lorbeeröl. Die Einsaugung des Wassers durch den Holztrog liefs bald die Oelschicht sinken und auf der Metallfläche ruhen [1]). Wenn die anhaftende Feuchtigkeit durch Verdampfung entfernt war, trat die Schicht ungemein schön hervor, und konnte, vor Staub geschützt, beliebig lang aufbewahrt werden.

Nachdem eine Schicht dieser Art auf *Spiegelmetall* gebracht worden, erhielt ich folgende Resultate. Die Farbenringe verschwanden fast vollständig bei 56°, dem Polarisationswinkel des Oels. Die Ringe mit *schwarzem* Mittelpunkt erschienen bei allen Winkeln unter 56°, und die Ringe mit *weifsen* Mittelpunkten bei allen Winkeln darüber. Beide Ringsysteme erschienen ungemein deutlich bei den gröfsten Einfallswinkeln, wogegen sie auf durchsichtigen Flächen von schwachem Brechvermögen schwerlich bei solchen Winkeln gesehen werden. Wenn das Azimuth der polarisirten Strahlen von 90° zu 0° variirte, so verschwanden die Ringe bei verschiedenen Incidenzen, oder wenn die Einfallswinkel variirten, verschwanden sie bei verschiedenen Azimuthen. Ich maafs diese Azimuthe, als die polarisirten Strahlen auf Spiegelmetall auffielen, und erhielt die folgenden Zahlen:

Ein-

1) Dasselbe wird durch eine langsame Verdampfung bewirkt, oder durch Aufsaugen des Wassers aus dem Trog mittelst einer Röhre, oder durch Ablassen des Wassers aus einer Oeffnung.

Einfalls-winkel.	Azimuthe, wobei die Ringe verschwinden. Beobachtet.	Berechnet.	Unterschied.
90°		40° 23′	
71° 50′	56° 25′	57° 22	
60 0	65 45	65 4	—0° 57
56 5	90 0	90 0	+0 41

Bei Berechnung der dritten Kolumne aus der Formel S. 464 gebrauchte ich 1,49 als Brechverhältnifs des *Lorbeeröls* und 4,011 als das des *Spiegelmetalls*, wie es sich aus meinen Versuchen über dessen elliptische Polarisation ergiebt [1]).

Aehnliche Versuche machte ich mit Ringen auf *Silber*, dessen elliptische Polarisation sich der circularen am meisten nähert, auch auf *Körnerzinn*, welches unter allen Metallen das stärkste Brechvermögen zu besitzen scheint; allein ich fand es sehr schwierig, die Azimuthe, bei denen die Ringe verschwinden, mit einiger Genauigkeit zu bestimmen.

Nimmt man zu vorstehenden Versuchen gemeines Licht statt des polarisirten und analysirt das reflectirte Licht durch ein Kalkspathrhomboëder, so zeigen sich genau dieselben Erscheinungen.

Dagegen sind die Erscheinungen ganz anderer Art, sobald die Häutchen oder dünnen Schichten nicht auf der Oberfläche starrer oder flüssiger Körper gebildet werden. Bei allen Einfallswinkeln und bei allen Azimuthen sind die Farben und Charaktere der Ringe dieselben, man mag gemeines oder polarisirtes Licht anwenden. Zur Erlangung dieser Resultate strich ich dünne Häutchen von verschiedenen Oelen, z. B. von *Lorbeer-*, *Cassia-*, *Terpenthinöl*, und vielen andern, über kreisrunde Oeffnungen aus, und untersuchte sie im polarisirten Licht bei verschiedenen Azimuthen. Die Farbenringe verschwanden beim Polarisationswinkel des Oels, und der Glanz der Farben veränderte sich mit den Winkeln des Azi-

1) *Philosoph. Transact.* 1830, *p.* 324. (Ann. Bd. XXI S. 273.)

muths und des Einfalls; allein niemals erschienen die complementaren Ringe; es blieben immer Ringe mit schwarzem Mittelpunkt [1]).

Um die Ursache hievon einzusehen, müssen wir den Polarisationszustand der interferirenden Bündel untersuchen. Da das Brechverhältnifs gleich ist an beiden Oberflächen des Häutchens, so haben wir:

$$tang\,\varphi = tang\,x . \frac{cos(i+i')}{cos(i-i')} \text{ und } cot\,\varphi''' = cot\,x . \frac{cos^3(i-i')}{cos(i+i')}$$

und wenn $tang\,\varphi = cot\,\varphi'''$, was der Fall ist, sobald $\varphi + \varphi''' = 90°$, so haben wir:

$$tang\,x = \frac{cos^2(i-i')}{cos(i+i')},$$

wenn $i = 90°$ ist $tang\,\varphi = A$ oder dem Azimuth des polarisirten Strahls und $cot\,\varphi''' = \frac{cos^3 i'}{sin\,i'}$.

Berechnen wir nun die Werthe von φ und φ''' für verschiedene Einfallswinkel und für verschiedene Azimuthe des polarisirten Lichts, so werden wir die Resultate der folgenden Tafel erhalten. In den Azimuthen 0° und 90°, φ und $\varphi''' = 0$.

1) Die physischen Erscheinungen bei diesen dünnen Häutchen sind sehr merkwürdig. Von dem Rande und dem Mittelpunkt der flüssigen Scheibe bildet sich quer über die Oberfläche derselben ein Strom von der Flüssigkeit, welcher der Spitze eines Ananas gleicht. Dieser Strom macht das Häutchen an einigen Stellen dünner als an anderen, und daraus entspringt ein unregelmäfsiges System von Farbenstreifen, mit einem unaufhörlichen Spiel der mannichfaltigsten Farben, gleich wie wenn die Flüssigkeit belebt wäre. Die Farbenstreifen sind besetzt mit hervorspringenden Punkten, von welchen aus die Flüssigkeit quer über das Häutchen hin zu schiefsen scheint. Besonders schön sind die Erscheinungen beim Zimmt-, Berg-, Pfeffermünz-, Wermuth-, Rübsen-, Muskat-, Bergamott-, Sadebaum-, Rosmarinöl u. s. w. Beim Mohnöl sieht man auch die *grünen* und *rothen* Farben 4ter, 5ter und 6ter Ordnung.

Neigung der Polarisationsebenen der beiden Bündel, φ und φ'''.

Einfallswinkel.	Azimuth 22° 30′. Bündel von der Vorderfläche		Azimuth 22° 30′. Bündel von der Hinterfläche		Azimuth 45°. Bündel von der Vorderfläche		Azimuth 45°. Bündel von der Hinterfläche	
0°	22°	30′	22°	30′	45°	0′	45°	0′
10	21	42	22	5	43	51	44	24
20	19	11	19	34	40	13	40	38
30	15	25	15	55	33	40	34	33
40	10	18	11	1	23	41	25	11
50	4	18	4	52	10	18	11	37
56 in 45°	0	0	0	0	0	0	0	0
60	2	6	2	35	5	4	6	13
70	7	54	11	52	18	32	26	53
80	15	11	24	41	33	13	47	58
85	18	40	33	34	39	12	58	2
90	22	30	43	57	45	0	66	44

Einfallswinkel.	Azimuth 67° 30′. Bündel von der Vorderfläche		Azimuth 67° 30′. Bündel von der Hinterfläche		Azimuth 80°. Bündel von der Vorderfläche		Azimuth 80°. Bündel von der Hinterfläche	
0°	67°	30′	67°	30′	80°	0′	80°	0
10	66	40	67	4	79	36	79	48
20	64	13	64	14	78	13	78	23
30	58	7	58	58	75	10	75	38
40	43	21	48	37	68	6	68	6
50	23	41	26	24	45	52	49	28
56 in 45°	0	0	0	0	0	0	0	0
60	12	5	14	44	26	42	31	42
70	39	0	50	45	62	16	70	49
80	57	41	69	32	74	56	80	58
85	63	5	75	30	77	48	83	43
90	67	30	79	54	80	0	85	40

Die Resultate dieser Tafel, welche als die der Beobachtung betrachtet werden können [1]), zeigen auf einem Blick die allgemeinen Phänomene bei allen Einfallswinkeln und Azimuthen.

In jedem Falle werden die interferirenden Bündel

1) *Phil. Transact.* 1830, *p.* 74 *et* 158. (Ann. Bd. XIX S. 259 u. 518.)

beide entweder bei Winkeln *über* oder bei Winkeln *unter* dem Polarisationswinkel reflectirt, und deshalb liegen ihre Polarisationsebenen immer auf einerlei Seite der Reflexionsebene und in einerlei Quadranten, folglich können sie auch nie winkelrecht auf einander seyn und die Interferenz verhindern. Aus demselben Grunde kann die Neigung der Ebenen niemals 90° überschreiten, um, gemäſs dem zuvor gegebenen Gesetz, die complementaren Ringe mit weiſsem Mittelpunkt hervorzubringen.

Berechnen wir z. B. den Werth von x in der vorstehenden Tafel für einen Einfall von 70°, so finden wir ihn 66° 25′, bei welchem Azimuth die Neigungen φ und φ''' der Polarisationsebenen 40° 47′ und 49° 53′ sind; allein wiewohl die Summe dieser Winkel 90° ist, ist die wirkliche Neigung der Ebenen $\varphi''' - \varphi = 9°\ 6'$.

Die Eigenschaft der parallelen durchsichtigen Häutchen, durch Reflexion Bündel polarisirt in Ebenen bei verschiedenen Neigungen zu geben, wenn das einfallende Licht in verschiedenen Azimuthen polarisirt ist, befähigt uns zwei polarisirte Lichtbündel zu erhalten, die an Glas bei jeglichem Winkel von 0° bis 21° 44′ geneigt sind, und die Phänomene zu studiren, die solche Bündel entweder bei gegenseitiger Einwirkung oder bei deren Beziehungen zu andern Eigenschaften des Lichts darbieten.

Allein die Erscheinungen werden mannichfaltiger und interessanter, wenn die hintere Fläche gegen die vordere *neigt*. Auf diese Weise können wir Effecte hervorbringen analog denen, die durch eine Aenderung in dem Brechvermögen der Hinterfläche beim Contact mit einer andern brechenden Fläche hervorgebracht werden, können Bündel erhalten, die rechtwinklich gegen einander geneigt sind, und deshalb Ringe mit weiſsem Mittelpunkt zeigen. In diesem Fall werden die Erscheinungen denen ähneln, welche ein Oelhäutchen auf Wasser liefert.

Wenn das Brechverhältniſs eines parallelen Häutchens 1,508 übertrifft, fällt der Strahl auf die Hinterflä-

che bei einem Winkel kleiner als der Polarisationswinkel ein; allein bei Neigung der Hinterfläche kann man diesen Einfallswinkel größer als den Polarisationswinkel machen. Noch mannichfaltiger werden die Erscheinungen, wenn man die Austrittsfläche gegen die Einfallsfläche neigt [1]). Da es aber nicht leicht ist, dünne Häutchen mit zweckmäſsig gegen einander geneigten Flächen zu erhalten, so ist es unnöthig diese Seite des Gegenstandes weiter zu verfolgen.

Dieſs sind die Erscheinungen bei *dünnen* und *dikken* Platten, wenn man sie mit polarisirtem Licht betrachtet oder mit gemeinem Licht, das man hernach durch ein doppelbrechendes Rhomboëder untersucht. Gebraucht man aber polarisirtes Licht und analysirt hernach das durch die dünnen Platten gegangene Licht, so erhalten wir eine Reihe sehr interessanter und lehrreicher Erscheinungen, analoge, wie Platten von doppeltbrechenden Krystallen in polarisirtem Lichte zeigen. In beiden Fällen wird das Häutchen zwischen eine polarisirende Platte und ein analysirendes Rhomboëder eingeschaltet. Ist das Häutchen zu dick, um Farben zu erzeugen, so wird es den polarisirten Strahl depolarisiren, in ähnlicher Weise wie es eine Krystallplatte thut, die zur Lieferung von polarisirten Farben nicht dünn genug ist; und wenn das Häutchen hinlänglich dünn ist, um gleichförmige Farben zu geben, entsteht ein Farbenstreifen oder ein Ringsystem mit schwarzem oder weiſsem Metallpunkt. Seine Wirkung ist analog der von dünnen Krystallplatten, welche entweder gleichförmige Farben (wie Gyps), oder Ringsysteme, einaxige oder zweiaxige, liefern.

Die groſse Mannichfaltigkeit der solchergestalt von dünnen Platten dargebotenen Erscheinungen zu beschreiben würde unnütz seyn, da sie nach dem Brechvermögen der flüssigen oder starren Unterlage dieser Platten verschieden sind. Ich werde mich daher auf den Fall

1) *Phil. Transact.* 1830, *p.* 147, Fig. 8. (Ann. Bd. XIX S. 518.)

beschränken, wo eine dünne Schicht von *Lorbeeröl* auf einer Fläche von *künstlichem Realgar* ruht. Schon in gemeinem Licht sind die Farben dieser Schicht sehr schön; allein im polarisirten Licht, durch ein Rhomboëder untersucht, sind sie unbeschreiblich prachtvoll.

1) *Azimuth des polarisirten Lichts* $=90°$, Einfallswinkel des polarisirten Strahls $=56° 5'$, dem Polarisationswinkel des Lorbeeröls.

Ohne polarisirendes Rhomboëder betrachtet, zeigt das Häutchen keine Ringe, da von der Vorderfläche desselben kein Licht reflectirt wird, folglich auch keine Interferenz stattfindet.

Betrachtet man die Schicht durch ein polarisirendes Rhomboëder, dessen Hauptschnitt in der Einfallsebene liegt, so erscheinen keine Ringe, weder in dem ordentlichen, noch in dem aufserordentlichen Bilde. Ist aber der Winkel der Polarisationsebene kleiner oder gröfser als 90°, selbst um eine kleine Gröfse, dann sieht man, nachdem das Rhomboëder beinahe 90° nach der Rechten gedreht worden, für einen Augenblick ein Ringsystem mit *schwarzem* Mittelpunkt, und nachdem dieses verschwunden, folgt ein Ringsystem mit *weifsem* Mittelpunkt. Dreht man das Rhomboëder nach der Linken, so erscheint das letztere System zuerst. Dieselben Erscheinungen wiederholen sich beim Drehen des Rhomboëders in jedem Quadranten.

2) *Azimuth des polarisirten Lichts* von 90° bis 0° verändert; Einfallswinkel 56° 5' wie zuvor. Beim Azimuth 90° sind die Erscheinungen den zuvor beschriebenen gleich.

Bei $67\frac{1}{2}$; Rhomboëder 0, keine Ringe.

Rhomboëder rechts gedreht, erscheinen Ringe mit weifsem Mittelpunkt, verschwinden dann, wenn der Azimuth des Rhomboëders kleiner ist als $67°\frac{1}{2}$; darauf erscheinen Ringe mit schwarzem Mittelpunkt, welche bei 180° verschwinden; nun folgen welche mit weifsem Mit-

telpunkt, die bei etwa 270° verschwinden, und endlich wieder schwarz-gemittelpunktete, die bis 360° verhalten.

Bei 45°, 22° ½. Bei diesen und andern Azimuthen erscheinen genau dieselben Phänomene, nur sind die Azimuthe des Rhomboëders, bei welchen die Ringe außerhalb der Einfallsebene verschwinden, etwas geringer als die Azimuthe des polarisirten Lichts.

Bei 0°. Das Verschwinden der Ringe findet statt, wenn die Azimuthe des Rhomboëders 0°, 90°, 180° und 270° sind, die Ringe mit *weifsem* Mittelpunkt erscheinen im *ersten* und *dritten* Quadranten, die mit *schwarzem* im *zweiten* und *vierten*.

3) *Azimuth des polarisirten Lichts* =90°.

Einfallswinkel des polarisirten Lichts =68° 3', dem Polarisationswinkel des Realgars.

Bei diesem Winkel verschwindet alles vom Realgar reflectirte Licht, mit Ausnahme einer dunkeln bläulichen Tinte, in deren Mitte man, ohne den Gebrauch des Rhomboëders, ein prachtvolles System reich gefärbter Ringe mit *weifsem* Mittelpunkt sieht. Benutzt man, wie zuvor, ein Rhomboëder und läfst es eine volle Umdrehung machen, so sieht man ringsum Ringe mit weifsem Mittelpunkt, die bei 90° und 270° verschwinden.

4) *Azimuth des polarisirten Lichts* von 90° bis 0° verändert; Einfallswinkel 68° 3' wie zuvor.

Beim Azimuth 90°, die Erscheinungen wie zuvor.

Bei 80° und allen übrigen Azimuthen sind *weifs*-gemittelpunktete Ringe sichtbar, wenn das Rhomboëder bei 0° ist; allein sie verschwinden, wenn die Azimuthe des Rhomboëders kleiner sind als die Azimuthe der Polarisation, und es folgen ihnen Ringe mit *schwarzem* Mittelpunkt.

Beim Azimuth 0° verschwinden die Ringe, wenn das Rhomboëder bei 0° und 180° ist, und haben sonst einen *schwarzen* Mittelpunkt.

Ohne Anwendung des Rhomboëders verschwinden

die Ringe immer beim Azimuth x, gegen welches die Polarisationsebenen der interferirenden Bündel winkelrecht sind.

Bei Einfallswinkeln oberhalb 68° 3' sind die Erscheinungen von gleichem Charakter. Die Ringe haben *weifsen* Mittelpunkt beim Azimuth 90° und beim Rhomboëder 0°. Bei etwa 45° werden sie sehr glänzend. Bei 90° Drehung verschwinden sie, und unmittelbar darauf erscheinen Ringe mit *schwarzem* Mittelpunkt, welche schnell verschwinden und ein System mit *weifsem* Mittelpunkt zum Nachfolger haben.

5) *Einfallswinkel kleiner als* 56° 5'.

Bei 90° Azimuth des polarisirten Strahls und 0° des Rhomboëders sind Ringe mit *schwarzem* Mittelpunkt sichtbar, und bleiben es während der vollen Umdrehung des Rhomboëders. Bei allen Azimuthen, von 90° bis 0°, verschwinden die Ringe, wenn man das Rhomboëder nach der Linken dreht und den Bogen von 90° bis 0° verringert. Allein in den Azimuthen von intermediärer Gröfse tritt nach dem Verschwinden der Ringe ein System mit *weifsem* Mittelpunkt auf, welches schnell verschwindet, um einem System mit *schwarzem* Mittelpunkt Platz zu machen. Diese Erscheinung ist am besten beim Azimuth 45° sichtbar.

Sind die Platten oder Häutchen zu dick, um Farbenringe zu geben, so kann man die Erscheinungen der verschiedentlich polarisirten Bündel schön mittelst *farbiger* Gläser sehen, worin sich die von beiden Flächen reflectirten Bündel beobachten lassen. Ist das Glas z. B. *grün*, so wird das Bündel oder das Bild einer kleinen Oeffnung oder eines leuchtenden Körpers *grün* seyn, während das von der Vorderfläche, obwohl in Wahrheit farblos, *roth* erscheint, vermöge der physiologischen Wirkung des grünen Lichts auf die Netzhaut. Folglich werden die beiden verschiedentlich polarisirten Strahlen verschiedene Farben haben, wie wenn sie die Farben von polarisir-

ten Licht wären. Werden diese farbigen Gläser auf Metalle oder stark brechende Substanzen gelegt, oder darauf festgekittet, so wird die Polarisation der von ihnen reflectirten farbigen Bündel, gemäfs dem schon erklärten Principe abgeändert, und sie zeigen manche interessante Erscheinungen, die mit den Farben der Gläser variiren, wie wenn die Farben durch Absorption von polarisirtem Licht erzeugt wären.

Um von den verschiedenen Klassen der im vorstehenden Aufsatz beschriebenen Erscheinungen eine allgemeine Idee zu geben, habe ich zwei der wichtigsten abgebildet, in Fig. 8 und 9 Taf. II.

1) *Glas* und *Wasser*. — Bringt man eine Schicht Wasserdampf auf Glas, dessen Brechverhältnifs 1,508 ist, so verschwinden die Ringe bei 53° 11', dem Polarisationswinkel des Wassers, und eben so in denjenigen Azimuthen, wo die beiden interferirenden Bündel winkelrecht gegen einander polarisirt sind. Bei allen gröfseren Azimuthen als diese und bei Einfallswinkeln oberhalb des Polarisationswinkels erscheinen Ringe mit *weifsem* Mittelpunkt, wogegen bei allen Azimuthen kleiner als diese, und bei allen Einfallswinkeln (mit Ausnahme derjenigen, bei welcher weifs-gemittelpunktete Ringe sichtbar sind) Ringe mit *schwarzem* Mittelpunkt auftreten.

Folgende Tafel zeigt die Werthe von x, oder den Azimuthen des Verschwindens der Ringe, berechnet nach der Formel S. 464.

Einfalls-winkel.	Azimuthe.	Comple-mente.	Einfalls-winkel.	Azimuthe.	Comple-mente.
53° 11'	90° 0'	0° 0'	74°	76° 42'	13° 18'
55 0	82 8	7 52	75	77 9	12 51
60 0	76 52	13 8	76	77 36	12 24
65	75 15	14 45	80	80 0	10 0
67	75 10	14 50	85	84 15	5 45
70	75 30	14 30	90	90 0	0 0
73	76 18	13 42			

Denken wir uns nun, AB Fig. 8 Taf. II sey der Durchschnitt der Einfallsebene, und die verschiedenen Einfallswinkel von 90° bis 53° 11' seyen auf demselben angezeichnet. Beschreibt man nun um einen Punkt auf der verlängerten AB, da wo die Incidenz 0° hinfällt, den Azimuthalkreis ZAZ und trägt, zu beiden Seiten von AB, von den entsprechenden Einfallswinkeln aus die Complemente der Azimuthe des polarisirten Lichtes auf, so werden die durch diese Punkte gehenden Curven ACB, ACB zeigen, bei welchen Einfallswinkeln und Azimuthen die Ringe verschwinden, in Folge der Rechtwinklichkeit der Polarisationsebenen beider Bündel an diesen Orten.

Bei allen Einfallswinkeln und bei allen Azimuthen innerhalb des schattirten Raums $ACBC$, werden Ringe mit *weifsem* Mittelpunkt sichtbar seyn, bei allen übrigen Azimuthen und Incidenzen dagegen Ringe mit *schwarzem* Mittelpunkt.

2) *Flufsspath* und *Wasser*. Ich nehme diese Combination als Beispiel der Erscheinungen, welche bei Einfallswinkeln kleiner als 90° stattfinden, wenn der gebrochene Strahl bei Winkeln gröfser als der Polarisationswinkel der Schicht auf deren Hinterfläche fällt. Die folgende Tafel enthält die Werthe von x und deren Complemente.

Einfalls-winkel.	Azimuthe.	Complemente.	Einfalls-winkel.	Azimuthe.	Complemente.
53° 11'	0° 0'	0° 0'	75°	82° 0'	8° 0'
56	82 35	7 25	78	88 41	11 9
60	77 47	12 13	78 4'	90 0	0 0
63	76 54	13 6	80	83 28	6 32
65	76 41	13 19	85	77 31	12 29
67	77 6	12 54	90	74 14	15 46
70	78 9	11 51			

Projiciren wir diese Werthe, wie es in Fig. 9 Taf. II geschehen, so erhalten wir eine doppelte Reihe von Cur-

ven, die sich in D vereinigen, wo der Einfallswinkel 78° 4′ ist, wobei der gebrochene Strahl auf die Hinterfläche bei deren Polarisationswinkel einfällt.

Bei allen Incidenzen und allen Azimuthen innerhalb der schattirten Theile der Figur $ZAZD$, $DCBC$ sind Ringe mit *weissem* Mittelpunkte sichtbar. Bei allen Azimuthen und allen Incidenzen, die den Umrissen der Figur $ZAZD$, $DCBC$ entsprechen, *verschwinden* die Ringe, und bei allen Incidenzen und Azimuthen außerhalb der schattirten Theile der Figur treten Ringe mit *schwarzem* Mittelpunkte auf [1]).

IV. *Ueber Thermographie.*

(Notiz, mitgetheilt von Prof. E. Knorr zu Kasan.)

Seit Anfang December vorigen Jahres, wo ich meine »Untersuchungen über das von Hrn. Prof. Moser entdeckte dunkle Licht und über die Erzeugung von Wärmebildern« an die Kaiserl. Academie der Wissenschaften zu St. Petersburg sandte [2]), habe ich eine Anzahl mir noch übrig gebliebener Platten zu neuen Versuchen benutzt, und glaube jetzt die von mir aufgefundenen Thatsachen, mit Ausnahme einiger, die ich noch nicht unter einen allgemeineren Gesichtspunkt bringen kann, in folgenden Satz zusammenfassen zu können.

Wird ein Körper A der polirten Oberfläche eines andern Körpers B bis auf eine sehr kleine Entfernung genähert, oder werden beide Körper mit einander in Berührung gebracht, so bewirkt der gegenseitige Austausch der Wärme zwischen beiden Körpern eine Veränderung in

1) Die Erscheinungen, welche beim gleichzeitigen Gebrauch von polarisirtem Licht und einem analysirenden Rhomboëder gesehen werden, sind in diesen Figuren nicht angegeben.

1) Eine Notiz davon: S. 320 dieses Bandes.

der Beschaffenheit der polirten Oberfläche bis zu einer sehr geringen Tiefe. Diese Veränderung kann sowohl bleibend als auch nur vorübergehend werden. Befinden sich auf der Oberfläche des Körpers *A* Stellen, für welche der Austausch der Wärme verschieden ist von dem an andern Stellen, so ist auch die stattfindende Veränderung in der Oberfläche *B* an den correspondirenden Stellen verschieden, und es entsteht hierdurch eine Abbildung von *A* auf *B*. Diese Abbildung kann nun im reflectirten Licht dem Auge unmittelbar sichtbar erscheinen, oder doch durch Condensation von Dämpfen sichtbar gemacht werden, wodurch das Bild gewissermafsen vollendet wird. Denkt man sich den Totalaustausch der Wärme zwischen den beiden Körpern als quantitativ bestimmbar, so mufs diese Gröfse in einer gewissen Zeit eine bestimmte Gränze überschreiten, damit überhaupt ein Bild entstehe, und eine zweite Gränze, damit das Bild ohne Condensirung von Dämpfen unmittelbar sichtbar werde. Diese beiden Gränzen können von der Beschaffenheit der beiden Körper *A* und *B* selbst, und von dem Zustand der polirten Oberfläche abhängig seyn. Nennt man diejenigen Bilder, welche erst durch Condensirung von Dämpfen sichtbar werden, Bilder erster Ordnung, und versteht man unter Bilder zweiter Ordnung diejenigen, welche unmittelbar sichtbar hervortreten, so mufs man für jede dieser beiden Ordnungen noch gewisse Entwicklungsstufen unterscheiden. Bei den Bildern erster Ordnung, den Moser'schen, hat die Entwicklungsstufe Einflufs auf die Condensation der Dämpfe und auf die Dauerhaftigkeit des Bildes im Allgemeinen; bei den Bildern zweiter Ordnung, meinen Wärmebildern, hängt die Dauer und das Verhalten derselben bei einem Temperaturwechsel, von der Entwicklungsstufe ab. Ist die Entwicklung eines Bildes zweiter Ordnung hinreichend vorgeschritten, so kann dasselbe weder durch Einwirkung des Tageslichts, noch durch ge-

wöhnliche Temperaturwechsel, und auch nicht durch starke Erhitzung zum Verschwinden gebracht werden; es giebt aber eine Entwicklungsstufe, bei welcher eine fortgesetzte Erhitzung das Bild verschwinden macht, eine andere wo durch Erhitzung das Bild zuerst verschwindet, oder doch schwächer wird, und dann wieder hervortritt, und eine andere, wo die Erhitzung die Entwicklung des Bildes nur vollendet.

Im Allgemeinen ergiebt sich, dafs die Temperatur t der beiden Körper A und B, die sich berühren, oder doch einander sehr nahe sind, auf die Temperatur t' gebracht werden mufs, und zwar innerhalb einer gewissen Zeit θ, damit der Austausch der Wärme ein unmittelbar sichtbares Bild hervorbringe. θ und t' sind nicht ganz unabhängig von einander, wie weit aber mit der Vermehrung von θ und entsprechender Annäherung von t' an t, so wie auch mit der Erniedrigung dieser beider Temperaturen, gegangen werden kann, ist noch zu untersuchen. Zur Erlangung eines Bildes zweiter Ordnung scheint jede Methode anwendbar, bei welcher in einer nicht zu grofsen und nicht zu geringen Zeit θ beiläufig ein bestimmter Totalaustausch der Wärme stattfindet. Ich habe bis jetzt mit Erfolg fünf verschiedene Methoden angewendet, welche hieraus folgen, und zwar:

1) Die Methode der gemeinschaftlichen Erhitzung. Hierbei war es gleich, ob die Erhitzung durch die polirte Platte zum Körper oder umgekehrt vor sich ging, wenn nur in nicht zu langer Zeit der gehörige Hitzgrad erreicht wurde.

2) Die Methode der Erkältung, die umgekehrte der vorigen. Nach dieser Methode habe ich erst nach manchen vergeblichen Versuchen zwei gute Bilder in der dritten Entwicklungsstufe erhalten; nachdem ich darauf gekommen war, die Abkühlungszeit dadurch zu verkürzen, dafs ich die heifse Platte mit den heifs darauf gestellten Körpern auf kalte Eisenstücke legte.

3) Die Methode der Erhitzung und Erkältung. Ich habe mehr als zehn sehr hübsche Bilder von Glas und Jaspis auf Kupfer erhalten, indem ich Platte und Körper zusammen bis auf 60° erwärmte, und wieder auf einander bis zur Temperatur des Zimmers abkühlen liefs. Diese Methode scheint besonders weitere Ausbildung zu verdienen; mit guten Wärmeleitern erhielt ich bis jetzt nach derselben keine guten Bilder.

4) Die Methode der fortgesetzten Erhitzung, indem der heifse Körper auf die heifse Platte gesetzt und mit der Erhitzung fortgefahren wird. Die Dauer der vorläufigen Erhitzung auf der Platte der Lampe war 3 bis 4 Minuten, die Dauer der Berührung 90 bis 20 Secunden.

5) Die Methode hoher Temperaturdifferenzen, indem man den heifsen Körper auf die kalte Platte setzt. Die Dauer der Berührung war 8 bis 15 Secunden, die Temperatur des Körpers zwischen der des siedenden Wassers und der wo Stahl anfängt die gelbe Farbe anzunehmen. Diefs war die erste Methode, welche ich fand.

Ich zweifle nicht, dafs mit Apparaten, welche hierzu besonders eingerichtet sind, man zur Vervollkommnung aller dieser Methoden wird gelangen können. Bis jetzt habe ich nur Abbildungen von Platin, Gold, Silber, Kupfer, Messing, Stahl, Jaspis, Glas, Glimmer, worauf mit Tusche geschrieben war, und von Kupferstichen und Holzschnitten mit etwas starken Conturen, auf weifsem oder farbigem Papier abgedrückt, versuchen können. Die gebrauchten polirten Flächen waren Silber, Kupfer, Messing und Stahl, vorzugsweise aber die beiden ersten. Die von mir aufgestellten Sätze dürfen daher auch nur auf die angegebenen Körper und polirten Flächen bezogen werden; wie weit selbige für andere Körper und Oberflächen gelten, ist noch zu untersuchen.

Die Methode No. 1 ist diejenige, welche ich zuletzt fast ausschliefslich angewendet habe, weil ich sie als die sicherste erkannte. Um doch einigermafsen ein beiläu-

figes Maafs für die Erhitzung zu haben, welche zur Erzeugung eines Bildes zweiter Ordnung nach dieser Methode nöthig ist, nahm ich zwei Tausendgranfläschchen, auf deren ziemlich ebenen Boden das Gewicht der Fläschchen gravirt war. Der Boden hatte beiläufig 19 franz. Lin. Durchmesser und $1\frac{1}{4}$ Linie Dicke. Die Fläschchen wurden mit destillirtem Wasser bei 14° R. gefüllt, auf eine gut polirte Silberplatte gesetzt und auf einer andern Platte über der Berzelius'schen Lampe erhitzt. Es war hinreichend 300 Gran Wasser 1 Minute lang im Sieden zu erhalten, um ein gutes, ganz ausgebildetes Bild der Schrift zu bekommen. Dieser Versuch wurde zwölf Mal auf verschiedenen Platten mit stets gleichem Erfolg wiederholt. Für gute Wärmeleiter von nicht zu geringer Masse erschien aber diese Erhitzung nicht genügend. Auf Kupfer erhielt ich auf dieselbe Weise zwar unzweifelhafte, aber doch nur schlechte Bilder der Fläschchen.

In meinem ersten Aufsatze, den ich an die Academie zu Petersburg sandte, ist unter No. 12 der Satz aufgestellt:

Bedeutende Temperaturdifferenzen bringen in sehr kurzer Zeit eben so gut Abbildungen hervor, als geringe in längerer Zeit; läfst man aber stark erhitzte Körper auf dünnen, anfänglich kalten Metallplatten langsam abkühlen, so entstehen meistens nur unbestimmte und schwer erkennbare Bilder, besonders wenn die Körper nicht so lange in Berührung sind, dafs ihre Temperatur bis zu der der Umgebung herabsinkt. Stahl bis zur kirschrothen Farbe erhitzt, gab, wenn er $\frac{1}{2}$ Secunde lang mit Silber in Berührung blieb, nur ein sehr unbestimmtes Bild; dauerte die Berührung einige Minuten, so erschien die Abbildung überhaupt sehr zweifelhaft, wie auch in andern Fällen. Wurde die Platte und der abzubildende Körper neben einander möglichst gleichmäfsig erhitzt, dann beide heifs auf einander gesetzt (ohne dabei die Erhitzung fortzusetzen), so erhielten wir selbst in einigen Minuten

kein eigentliches Bild, höchstens war die Stelle zu erkennen, wo der Körper auf der Platte gestanden hatte.

Hier ist von Abbildungen überhaupt die Rede, ohne Unterscheidung zwischen Bildern erster und zweiter Ordnung, das Vorhandenseyn eines Bildes erster Ordnung wurde in den meisten Fällen nur durch Behauchen geprüft. Ich habe bis jetzt noch nichts diesem Satze Widersprechendes gefunden, obgleich ich endlich dahin gelangt bin, nach der Methode No. 2 Bilder zweiter Ordnung zu erhalten. Dafs bei den zahlreichen Versuchen, auf welche der Satz No. 12 meiner ersten Abhandlung gegründet ist, sich nie weder ein unmittelbar sichtbares, noch auch ein gutes Moser'sches Bild zeigte, mufs ich wenigstens bis jetzt noch dem Umstand zuschreiben, dafs in denjenigen Fällen, wo die erhitzten Körper auf die *kalten* Platten gesetzt wurden, die Abkühlungsgeschwindigkeit anfangs zu ungleichförmig war, und durch die eintretende Erhitzung der Platte das in einer niedern Entwicklungsstufe vielleicht schon entstandene Bild wieder vernichtet wurde, dafs in den andern Fällen die Körper nicht hinlänglich lange mit einander in Berührung blieben, in allen Fällen aber die Abkühlung nur langsam vor sich ging. In Bezug auf die vierte Methode erlaube ich mir einen besondern Versuch umständlicher zu beschreiben.

Ein Stahlstempel, welcher beiläufig 13 franz. Linien Durchmesser und 4 Linien Dicke hatte, wurde auf der Platte der Lampe 3 Minuten lang erhitzt, hierauf eine mit Silber plattirte Kupferplatte neben ihn gelegt und noch 1 Minute lang mit der Erhitzung fortgefahren; dann wurde der Stempel auf die polirte Silberfläche der Platte gesetzt und noch 1 Minute mit der Erhitzung fortgefahren; es zeigte sich ein vollkommenes Bild; der Stempel wurde sogleich auf eine andere Stelle der Platte gesetzt und 50 Secunden in Berührung gelassen, dann eben so 40″, dann 30″ und endlich 20″, während immer mit der

Er-

Erhitzung fortgefahren wurde. Die Bilder gelangen in jedem Falle, bei 20″ aber nur schwach und offenbar noch nicht ganz ausgebildet. Der Versuch gelang auf gleiche Weise nach einander auf drei Platten, auf einer vierten aber durchaus nicht. Um zu untersuchen, ob diefs an der Platte oder am Stempel liege, liefs ich beide nur erkalten, ohne sonst etwas daran zu thun, und versuchte auf der Platte ein Bild von einem der oben erwähnten Fläschchen nach der früher angegebenen Weise zu erhalten, was vollkommen gelang. Hieraus schlofs ich, dafs das Mifslingen des früheren Versuchs am Stempel liege. Um mich aber davon zu überzeugen, nahm ich eine fünfte Platte und wiederholte den Versuch mit dem unveränderten Stempel; er gelang vollkommen, wie früher auf den drei ersten Platten, das frühere Mifslingen konnte also auch nicht am Stempel liegen. Jetzt rieb ich die vierte Platte stark mit Baumwolle und trocknem Trippel ab, und wiederholte den Versuch; er gelang nicht. Nun schliff ich die Platte stark mit Oel und verdünnter Salpetersäure, und wiederholte den Versuch; die Bilder gelangen, aber erst nach einer Berührungszeit von 1½ Minute.

Nach der fünften Methode habe ich einige siebzig Bilder auf Silber, Kupfer und Messing erhalten; jedoch gelangen mir die Bilder nicht immer, und ich habe bis jetzt noch nicht dahin gelangen können, die Ursachen des öfteren Mifslingens aufzufinden. Verfertigt man Abbildungen von gravirten Metallplatten, oder geschnittenen Steinen und Glas, so zeigen sich im Bilde in der Regel diejenigen Stellen der polirten Oberfläche am stärksten, oder wenigstens am auffallendsten, verändert, wo das Original vertieft war; Bilder, wo diefs Verhältnifs umgekehrt erschien, habe ich vorläufig negative Bilder genannt. Solche negative Bilder zeigten sich öfter bei Anwendung der fünften Methode.

Dafs die Entstehung eines Bildes zweiter Ordnung

nicht eine Folge von fremdartigen Substanzen seyn kann, welche an der Oberfläche der abzubildenden Körper adhäriren, oder in den Vertiefungen derselben etwa zurückgeblieben sind, folgt schon daraus, dafs eine grofse Anzahl ganz verschiedenartiger Körper solche Bilder gaben. Wo sich eine Abhäsion fremder Substanzen vermuthen liefs, wie bei Münzen und Pettschaften, wurden die Körper stets sorgfältig gereinigt mit Spiritus oder schwachen Säuren, dann mit Baumwolle und Trippel, und zuletzt noch stark erhitzt. Die gravirten Kupferplatten oxydiren sich leicht ungleich bei den Versuchen, und sie müssen dann gereinigt werden, um besonders auf Kupfer gute Bilder mit reinem Grunde zu erhalten; diese Reinigung geschah meistens mit Oel oder sehr verdünnter Salpetersäure. Hierbei hat es nun wohl geschehen können, dafs bei einigen Versuchen die Vertiefungen nicht ganz frei von Oel oder Säure waren; ich habe mich jedoch durch vielfache Versuche überzeugt, dafs die Bilder eben so gut, wenn nicht sogar noch besser, gelangen, und auf Kupfer ebenfalls verschiedenes Farbenspiel zeigten, wenn die abzubildende Platte nach mehrmaliger starker Erhitzung und erfolgter Oxydation nur mit trocknem Polirpapier abgerieben wurde. Stellen, welche sich entweder gar nicht, oder doch nur schwach abbildeten, so lange sie eben so blank als der Grund der Platte erschienen, traten im Bilde stärker hervor, wenn sie oxydirt, der Grund der Platte aber rein war. Ich habe nicht mit Sicherheit beobachtet, dafs es auf die Erzeugung des Bildes von Einflufs sey, ob die polirten Flächen nur mit Oel, oder auch mit Säuren behandelt waren; dafs aber die Behandlung der Körper mit Säuren auf die Färbung des Bildes Einflufs haben könne, schlofs ich aus folgendem Versuch, der mir indessen nicht wieder gelingen wollte. Eine sorgfältig gereinigte gravirte Kupferplatte wurde mit Salzsäure gewaschen, welche mit 16 Th. Wasser verdünnt war, dann mit Baum-

wolle und Trippel leicht getrocknet, und sogleich ein Bild auf Kupfer verfertigt; dasselbe war nach 5 Minuten vollkommen gebildet, mit weifslicher, fast emailleartiger Farbe auf kupferrothem Grund, eine Färbung, die sich bei andern Versuchen auf Kupfer nie zeigte.

In eine Messingplatte waren in drei Reihen unter einander verschiedene Worte geschnitten, die Buchstaben der einen Reihe wurden mit Tusche, die der andern mit Druckerschwärze geschwärzt, die dritte aber mit einem Brei von Trippel und destillirtem Wasser gefüllt, und die Platte stark erhitzt. Hernach wurden mehrere Bilder dieser Platte auf Silber gebildet, bei welchen alle Zeilen vollkommen sichtbar wurden; die mit Trippel gefüllten schienen sich sogar besser abzubilden als die andern. Auf polirten Kupferplatten habe ich bis jetzt noch keine so guten Abbildungen erhalten als von Kupfer, Stahl und Jaspis.

Dafs niedrige Temperaturen der Erzeugung Moser'scher Bilder nicht günstig sind, dafür spricht folgender mehrere Male wiederholter Versuch. An einigen Tagen, wo die Kälte im Freien zwischen — 18° und —23° R. betrug, wurde eine gravirte und eine andere polirte Kupferplatte einige Stunden im Freien gelassen, dann auf einander gelegt; nachdem sie so noch 6, 12 und 20 Stunden in der Kälte geblieben waren, liefs sich durch Condensirung von Joddämpfen kein Bild erkennen, während andere Platten, welche im Zimmer bei ungefähr 15° R. auf einander gelegt, und erst dann in das Freie gebracht wurden, in derselben Zeit Bilder gaben, die schon durch den Hauch leicht erkennbar waren. Diese letzten Versuche erschienen mir zugleich als eine theilweise Bestätigung derjenigen, auf welche der Satz No. 14 meiner ersten Abhandlung gegründet wurde. Dieser Satz lautet folgendermafsen:

Bei der constanten Temperatur 0° R., sowohl der Platten als der abzubildenden Körper, geschieht die

Abbildung nur schwierig, und erscheint uns sogar zweifelhaft.

Die Versuche, auf welche dieser Satz gegründet wurde, waren in einem Calorimeter angestellt; die Berührungsdauer war gewöhnlich 2 Stunden, bei einigen auch 8 bis 9 Stunden. Die angewendeten Körper waren solche, die mir bei der gewöhnlichen Temperatur des Zimmers in weit kürzerer Zeit stets Bilder gegeben hatten. In Bezug auf diese Versuche machte ich früher die Bemerkung:

Wenn sich aber auch noch zeigen sollte, dafs unsere Versuche im Calorimeter in Folge irgend welcher Umstände unrichtig wurden, wenn sich auch mit vollkommener Sicherheit ergeben sollte, dafs bei ganz gleichen constanten Temperaturen wirklich Bilder entstehen, so wäre diefs noch immer kein Beweis für die Nothwendigkeit der Annahme eines dunkeln Lichts in Prof. Moser's Sinn, indem man diese Erscheinung eben so gut als einen Beweis der Hypothese Prevost's, über das bewegliche Gleichgewicht der Wärme würde ansehen können. Deshalb sind wir auch keineswegs der Meinung, dafs bei vollkommen gleichen und constanten Temperaturen sich keine Bilder erzeugen werden, sondern halten nur dafür, dafs unter solchen Umständen eine weit kürzere und von der Temperatur selbst abhängige Zeit zur Erzeugung eines Bildes erforderlich ist, als in andern Fällen. — Die neueren von mir angestellten Versuche bestätigen nun zwar diese Meinung nicht geradezu, sprechen aber doch wenigstens theilweise für die Richtigkeit derselben.

Gewifs wird sich mit der Zeit noch zeigen, dafs manche von mir beobachtete Thatsachen aus einem andern Gesichtspunkt betrachtet werden müssen, als ich es gethan habe, weshalb ich denn auch keineswegs behaupten will, dafs ein dunkles Licht nicht existire; bis jetzt halte ich aber dasselbe mit der in vielen Beziehungen wohl nicht hinreichend erforschten Wärme für iden-

tisch. Ich zweifle nicht, daſs man mit der Zeit dahin gelangen wird, durch geeignete Concentrirung von Wärmestrahlen, selbst im Dunkeln, von entfernten Körpern Bilder zu erhalten, die den Daguerre'schen ähnlich sind. Diese Bilder müssen aber Licht und Schatten ganz anders zeigen, als Heliographien, und ich habe in meiner ersten Abhandlung schon darauf aufmerksam gemacht, daſs in den Thermographien sich besonders nur die Ränder darstellen, wellenförmige Vertiefungen aber, wenn sie auch dem Auge noch so deutlich erscheinen, sich nicht im Bilde darstellen, wenn der Austausch der Wärme durch die wellenförmige Gestaltung nicht hinreichend modificirt wird.

Ueber die Resultate, welche die Thermographie für die Erweiterung der Physik gewähren kann, hege ich vielleicht etwas zu kühne Hoffnungen; jedenfalls öffnet dieselbe ein ganz neues Feld der Erscheinungen, und es kann wohl nicht fehlen, daſs man durch dieselbe, wenigstens mittelbar, zu neuen Kenntnissen über den Austausch der Wärme zwischen den Körpern, über die Leitung und über den Molecularzustand der Körper an ihrer Oberfläche, gelangen wird. Hierbei sind wohl besonders die verschiedenen Entwicklungsstufen der Bilder in's Auge zu fassen und genauer zu erforschen. Auch die verschiedenen Färbungen der Bilder auf Kupferplatten und die Farbenwechsel, welche sie bei fortgesetzter Erhitzung zeigen, verdienen gewiſs Aufmerksamkeit und schärfere Untersuchung, besonders auch von Seiten der Chemiker. Bei der Menge anderer, mich für den Augenblick mehr anziehender Erscheinungen, habe ich in meiner ersten Abhandlung nur einiges Wenige in dieser Beziehung angedeutet, hoffe aber, daſs dieſs schon hinreichend seyn wird, um die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf diesen Gegenstand zu lenken.

Was die verschiedene Condensation der Dämpfe anbetrifft, so geht schon aus dem im Eingange aufgestell-

ten Satze hervor, dafs ich dieselbe den verschiedenen Entwickelungsstufen der Bilder zuschreibe, überhaupt habe ich mich von der Nothwendigkeit der Annahme eines latenten Lichts zur Erklärung der verschiedenen Dampfcondensation bis jetzt noch nicht überzeugen können.

Dafs die Thermographie technische Anwendung zur Verzierung von Metallarbeiten finden kann, leidet keinen Zweifel. Hr. Gartendirector Magsig zu Pensa, der Vater meines eifrigen Gehülfen bei diesen Versuchen, hat davon schon zur Verzierung eines Jagdgewehrs einen glücklichen Gebrauch zu machen gewufst, und ein hiesiger Studirender hat Thermographien auf einer gut polirten Messerklinge angefertigt.

Physiker, die sich mit diesem Gegenstand beschäftigen, erlaube ich mir noch aufmerksam zu machen auf das Negativwerden mancher Bilder zweiter Ordnung, wenn dieselben längere Zeit warmen Quecksilberdämpfen ausgesetzt bleiben.

Kasan, d. $\frac{6}{18}$. Februar 1843.

V. *Beschreibung eines neuen Heliostaten; von J. Th. Silbermann.*

Préparateur de Physique am *Conservatoire des Arts et Métiers etc.* in Paris.

(Aus der vom Hrn. Verf. übersandten: „*Notice sur l'héliostat.*").

Fahrenheit, welcher zuerst um's J. 1700 ein Instrument herstellte, um bei optischen Versuchen von längerer Dauer dem reflectirten Strahl eine feste Richtung zu geben, wandte dabei zwei Spiegel an; allein der durch die doppelte Reflexion verursachte Lichtverlust macht dasselbe unanwendbar in Fällen, wo man viel Licht gebraucht. Man hat daher gesucht, den einen Spiegel fortzulassen, und diefs that S'Gravesande, indem er ein

anderes Bewegungsprincip anwandte. Sein schwer zu handhabendes Instrument wurde verbessert zuerst von Charles, welcher es durch seinen Steller (*positeur*) bequemer machte, dann von Malus, welcher einige Veränderungen anbrachte, um die Abweichung des vom Spiegel reflectirten Strahls zu verringern.

Endlich construirte Hr. Gambey einen Heliostat, welcher nicht nur, wie alle unter seiner Leitung angefertigten Instrumente, von sehr vollkommener Arbeit war, sondern auch durch das dabei befolgte neue Princip größere Bequemlichkeit als das S'Gravesande'sche darbot, indem dabei die zu letzterem erforderlichen Rechnungen oder Zeichnungen fortfielen [1]).

Alle diese Instrumente sind indeſs schwierig in den Meridian des Orts einzustellen, den man vorher kennen muſs.

Mit Beibehaltung der den übrigen Instrumenten gemeinsamen Principien der Astronomie, aber sie auf einen anderen Mechanismus übertragend, glaube ich alle Schwierigkeiten der Einstellung, der Rechnung oder der graphischen Darstellung, ohne Einbuſse an Genauigkeit, beseitigt zu haben, und überdieſs kann mein Spiegel fast alle möglichen Lagen um das Centrum der Figur annehmen, so daſs er in jeglicher Richtung einen festen reflectirten Strahl fortzusenden vermag.

Bei allen Heliostaten wird der Spiegel durch einen Uhrzeiger fortgeführt, dessen Axe parallel ist der Weltaxe. Dieser Zeiger folgt der täglichen Bewegung der Sonne, macht also wie diese in 24 Stunden einen Umgang. Aus dieser Lage der Zeigeraxe geht hervor, daſs das Zifferblatt der Uhr dem Erdäquator parallel, und so gestellt ist, daſs der Zeiger mittags und mitternachts genau in der Ebene des Meridians des Ortes liegt.

1) Der Gambey'sche Heliostat findet sich beschrieben in diesen Annalen, Bd. XVII (S. 71), wo auch (S. 87) die Principien des S'Gravesande'schen Instruments auseinandergesetzt sind. *P.*

Die Heliostaten weichen von einander ab durch die Art, wie die Bewegung des Zeigers auf den Spiegel übertragen wird, und durch verschiedene Anwendung der durch den scheinbaren Gang der Sonne auferlegten mechanischen Bedingungen. Diese Bedingungen sind: 1) der *Stundenwinkel*, d. h. der Winkel zwischen dem Meridian des Orts und einer Ebene, die durch die Erdaxe und den Mittelpunkt der Sonne gelegt ist, 2) der *Polarwinkel* der Sonne, d. h. der Winkel, welchen die Richtung zur Sonne mit der Erdaxe macht.

Mein Heliostat besteht also nothwendig aus einer Uhr H (Fig. 4 u. 7 Taf. III), deren Axe QQ' und deren Zifferblatt CC', wie zuvor gesagt, eingestellt werden können. Zu dem Ende ruht sie auf einer horizontalen Axe YY', winkelrecht auf dem Meridian CC'. Diese Axe geht durch den Mittelpunkt Y eines getheilten Quadranten LL', welcher dazu dient, die Uhr nach der Breite des Orts zu neigen, d. h. die Axe des Zeigers XX' parallel der Erdaxe zu stellen.

Die Verlängerung der Axe des Zeigers trägt zwei concentrische Kreisbogen $I'I''I'''$ und $R'R''R'''$, beweglich um ihren gemeinschaftlichen Durchmesser, der mit der Axe XX' des Zeigers zusammenfällt. Der eine dieser Bogen, $I'I''I'''$, irgendwo an der materiellen Zeigeraxe befestigt, enthält die Sonne I in seiner Ebene.

Die veränderliche Gröſse dieser Bogen hängt von der des Polarwinkels ab, zunächst für den einen $R'R''$ von demjenigen, welchen der reflectirte Strahl ROR' mit der Zeigeraxe XX' macht, und für den andern II' von dem, welchen der einfallende Strahl IOI' mit derselben Axe XX' bildet. Dieser, nach der Declination der Sonne an Gröſse verschiedene Bogen, ist an einer Seite in Grade getheilt, die nach I' hin die nördlichen, und nach I''' die südlichen Declinationen der Sonne angeben. Man findet diese Winkel in den astronomischen Ephemeriden für jeden Tag des Jahres angegeben. An

der andern Seite desselben Bogens ist eine Theilung von 5 zu 5 Tagen mit Angabe der mittleren Declination für den Tag oder der für das Jahr bei gleichem Abstand von zwei Schaltjahren. Ich habe die Declinationen von 1842 als Mittel genommen. Die Theilung entspricht den 1., 5., 10., 15., 20. und 25. jeden Monats, angezeigt durch dessen Anfangsbuchstaben und die vorstehenden Datums. Diese Theilung dient nur zur ungefähren Angabe für Versuche ohne Genauigkeit und von kurzer Dauer, wie man sie in Vorlesungen macht. Man braucht nur, um die Gröfse des Bogens *I' I''* zu bestimmen, den Kreis in seinem Schlitten zu verschieben, bis die Declination oder das Datum des Tages mit der Ablese oder dem Nonius zusammenfällt. Wir werden sehen, dafs man sich selbst dieser beiden Theilungen überheben kann und vielleicht mit Vortheil. Jeder wird dasjenige der drei Mittel wählen, welches ihm am besten zusagt.

Der Bogen *R' R'' R'''*, welcher die Reflexion in seiner Ebene enthalten soll, bedarf keiner Theilung; man dreht ihn um seine Axe *Q Q'* und verschiebt ihn in seinem Schlitten, je nach der dem reflectirten Strahl zu gebenden Richtung; mittelst seiner beiden Bewegungen, der Verschiebung und der Drehung, richtet man das Bild direct auf den verlangten Ort.

Alsdann werden die beiden Kreisbogen in solcher Lage seyn, dafs, wenn man vom freien Ende *I'* des Declinationskreises eine gerade Linie zu ihrem gemeinschaftlichen Mittelpunkt *O* führt, d. h. einen Strahl *I' O* zieht, dieser Strahl verlängert *I' O I* beständig durch die Sonne geht, weil die Uhr diesen Bogen in Richtung der Bewegung der Sonne in 24 Stunden einen Umgang machen läfst, und zweitens, weil die Linie, welche eben so durch das Ende *R'* und den gemeinsamen Mittelpunkt *O* gezogen wird, durch den Punkt *R* geht, wo sich das reflectirte Sonnenbild befindet.

Wir haben also zwei unterschiedene Strahlen, den

einen OI', der beständig in der Verlängerung des einfallenden Strahls IOI' ist und durch das Centrum O geht, und den andern OR', der in der Verlängerung des reflectirten Strahls ROR' liegt, und ebenfalls durch das gemeinsame Centrum O beider Bogen geht. In diesem gemeinsamen Centrum treffen sich der einfallende Strahl, der reflectirte Strahl und die Axe des Zeigers; auch ist es zugleich die Mitte der Figur des Spiegels M.

Um einzusehen, wie der Spiegel mit diesen beiden Strahlen verknüpft ist, wollen wir zuvörderst diese beiden Strahlen oder geraden Linien IOI', ROR' betrachten (Fig. 5 Taf. III).

Zwei sich schneidende Linien liegen immer in Einer Ebene; diefs liegt in der geometrischen Definition einer Ebene. Da ferner die beiden Richtungen II', RR' respective die des einfallenden und des reflectirten Strahles sind und in dieser Ebene liegen, so wird dieselbe immer diejenige seyn, in welcher die Incidenz und die Reflexion geschehen.

Zieht man nun in dieser Ebene eine gerade Linie, die den Winkel zwischen dem einfallenden und dem reflectirten Strahl halbirt, so haben wir die Normale auf dem reflectirenden Spiegel (Fig. 6 Taf. III).

Diefs gesetzt, bezeichne man in gleichem Abstand vom Durchschnittspunkt O dieser Linien zwei Punkte d und d', einen auf dem einfallenden Strahl, den andern auf dem reflectirten, oder auch auf deren Verlängerung $d''\,d'''$ oder selbst seitwärts dd''', $d'\,d''$, und ziehe durch jeden Punkt eine dem anderen Strahl parallele Linie; dann hat man zwei Linien, die ein Parallelogramm $OdDd'$ oder $Od''D'd'''$ oder $Od'M'd'''$ oder $OdMd''$ abschliefsen. Zieht man nun durch den Durchschnittspunkt dieser beiden Linien n, n', M oder M', die Diagonale des Parallelogramms, so halbirt sie den von diesen beiden Strahlen gebildeten Winkel; sie wird also die Normale der reflectirenden Fläche, oder diese Flä-

che selber seyn. Es ist gleich, welchen Winkel unsere beiden Richtungen mit einander machen: immer wird das Parallelogramm gebildet, und immer wird die eine seiner Diagonalen jenen Winkel halbiren, d. h. immer wird der Spiegel MM' so gestellt seyn, dafs er den Reflexionserscheinungen, die in der Ebene dieses Parallelogrammes vorgehen, genügt. Diese Bedingung des Parallelogrammes ist in meinem Instrumente angewandt, nur ziehe ich vor, statt das Parallelogramm auf besagte Weise zu vollenden, zwei gleiche Seiten länger als die des Parallelogrammes zu nehmen, was indefs an der Richtung der Normale gegen die beiden Strahlen nichts ändert und die Ausführung jener Bedingung erleichtert.

Es ist sehr leicht, diese geometrische Bedingung durch einen Mechanismus zu verwirklichen. Allein da der Mittelpunkt des Spiegels auch diesen gemeinsamen Mittelpunkt einnehmen mufs, so hat man ein Stück des Strahls zu spalten (*bifurquer*), um den Spiegel zwischen zwei Gabeln mit einem Scharniere zu halten, dessen Axe immer auf jeden der beiden Strahlen winkelrecht ist, und auch durch das gemeinsame Centrum O geht.

Nach dieser gewissermafsen geometrischen Auseinandersetzung des Apparats wollen wir den Mechanismus desselben näher beschreiben.

Nähere Beschreibung des Heliostaten.

Die Bestandtheile des Heliostaten sind:

1) Ein horizontaler Dreifufs $VV'V''$, versehen mit Stellschrauben $vv'v''$. In seiner Mitte dreht sich eine horizontale Scheibe AA, auf welcher eine Libelle $a'a''$ und zwei Ständer PP', die die Uhr H und den Spiegel tragen. Diese Scheibe kann in ein beliebiges Azimuth gestellt, und darin mittelst der auf einem Zweig des Dreifufses befindlichen Klemmschraube befestigt werden. Mittelst der Drehung dieser Scheibe und der darauf be-

findlichen Libelle stellt man das Instrument vollkommen horizontal.

2) Die Uhr ist aufgehängt und zwischen den senkrechten Stützen PP' drehbar um ihre der unteren horizontalen Scheibe immer parallelen Axe YY'. Der Kreisbogen LL' dient zur Festhaltung der Uhr, und ist in Grade getheilt, deren Nullpunkt in L, auf dem dem Zifferblatt parallelen Radius liegt, so dafs der Punkt 90° sich auf dem Radius befindet, welcher der Axe der Uhr, oder der Axe der den Spiegel tragenden Säule parallel ist. An dem Fufs P befindet sich die Ablese und ein Nonius. Dieser Kreisbogen und Nonius dienen dazu, mittelst des Breitengrades des Beobachtungsorts das Zifferblatt der Uhr dem Aequator parallel zu stellen. Eine Klemmschraube l dient zur Festhaltung dieses Bogens, der an der Uhr sitzt.

Die Uhr schlägt Viertelsecunden. An ihrer unteren Grundfläche bewegen sich zwei Zeiger; der eine macht seinen Umgang in einer Stunde, der andere in 300 Secunden oder 5 Minuten; auch befindet sich hier die Axe der Feder. Der Zeiger zum Vor- oder Rückstellen ist an der oberen Grundfläche.

3) Die obere Grundfläche der Uhr trägt, wohl befestigt, eine hohle Säule QQ', und oben auf dieser ein in 24 Stunden getheiltes Zifferblatt, dessen Ebene der unteren Grundfläche der Uhr parallel ist, und auf welchem die Diametrallinie von 6 bis 18, die Stunden 6^h Morgens und 6^h Abends angebend, genau der Horizontalaxe YY' parallel ist.

4) Im Innern der hohlen Säule findet sich eine Axe, die durch ihre Verbindung mit dem Uhrwerk einen Umgang in 24 Stunden macht. Auf dieser Axe und oberhalb des Zifferblatts dreht sich frei oder mit der Axe, je nachdem die Klemme gelöst oder durch ihre Schraube I'' angezogen worden, eine kubische Büchse I''. An dieser Büchse sitzt zuvörderst der Zeiger oder Nonius c, der

die Stunde angiebt, und dann der Declinationskreis $I' I'' I'''$, welcher durch die Theilung an einer seiner Seiten die mittlere Declination von fünf zu fünf Tagen angiebt. Ich habe die von 1842 genommen. An seiner andern Seite findet sich die Gradtheilung, rechts und links vom Nullpunkt des Nonius auslaufend. Die Correspondenz des Nullpunkts des Nonius und der Theilung ist von der Lage ausgenommen, wo die Axe I' der von ihm getragenen Gabel vollkommen der Grundfläche der Uhr parallel ist.

5) Um die an der Uhr befestigte Axe oder Säule bewegt sich eine Hülse QQ', die unten bei Q' einen Kreis trägt, mittelst dessen und einer Klemmschraube r' die Hülse in einer bestimmten Stellung festgehalten werden kann. Am oberen Theil und unter dem Zifferblatt ist ein Kubus R'' befestigt, der als Büchse für einen starken Kreisbogen $R' R'' R'''$ dient, welcher, in Richtung des reflectirten Strahls, den andern Stiel R' des Spiegels trägt. Dieser Kreisbogen kann in der Büchse R'' verschoben oder darin mittelst einer Druckschraube r festgehalten werden. Durch diese beiden Bewegungen kann der reflectirte Strahl nach allen Punkten der Kugelfläche gesandt werden, deren Mittelpunkt mit dem des Spiegels zusammenfällt.

6) Endlich zwei Gabeln $S' I' S$ und $S R' S'$ verbunden durch ein Scharnier, nach einer Richtung SS', welche, im Niveau der Spiegelfläche, durch das Centrum derselben geht, und in diesem Punkt sowohl die Axe der Stiele $I' O$, $R' O$ beider Gabeln, auf welchen sie immer winkelrecht ist, als auch die Drehaxe XX' des Uhrzeigers schneidet.

Der Spiegel M dreht sich um die Axe SS' des Scharniers der Gabeln, wo er seitwärts befestigt ist an einem starken Stab, welcher eine Fuge NS senkrecht auf der Spiegelfläche enthält. In dieser Fuge gleitet genau passend ein Stift D, welcher zugleich als Scharnier für zwei

schiefe gleich lange Leisten *dD*, *d'D* dient, die ebenfalls an dem Scharniere *SS'* der Gabeln, in vollkommen gleichen Abstand von dessen Axe, befestigt sind, um das zuvor beschriebene Parallelogramm zu bilden.

Endlich sitzt an einer Seite *IS* der Einfalls-Gabel *S'I'S* ein kleines Fernrohr oder ein Sucher *TT'*, dessen optische Axe parallel ist der Drehaxe ihres Stiels *I'* oder des einfallenden Strahls. Während des Versuchs ist das Fernrohr immer auf die Sonne gerichtet. Die feste Gabel, d. h. die Reflexionsgabel *SR'S'* kat keinen Visirer; als solcher dient das Sonnenbild selbst, das auf den verlangten Punkt gerichtet wird; diefs Bild ist immer in der Ebene des Kreises *R'R'''*.

Gebrauch des Heliostaten.

Zuvörderst zieht man die Uhr auf und setzt sie dadurch in Gang, dafs man sie in horizontaler Ebene rasch hin und her dreht, wie man es, zu gleichem Zweck, mit den Chronometern und Schiffsuhren, und zuweilen mit den gewöhnlichen Uhren zu thun genöthigt ist. Zur Regulirung des Ganges dient der Zeiger auf dem kleinen Zifferblatt; er wird gegen *A* gerückt, wenn sie zurückbleibt, gegen *R*, wenn sie vorausläuft.

Wagrechtstellung (*Calage*). Man löst zuvörderst, um die Uhr und die den Spiegel tragende Säule senkrecht zu stellen, die Klemmschraube *l*, welche den Breiten-Quadranten *LL'* hält, dann zieht man die Schraube *l* wieder an; nun ist das Instrument leichter wagerecht gestellt.

Man stellt das Niveau seiner Länge nach parallel der Geraden, welche zwei der Stellschrauben, z. B. *V'* und *V''* verbindet, indem man die horizontale Scheibe *AA'* löst, zweckmäfsig dreht und mittelst der Klemmschraube *a* wieder feststellt. Um das Wagrichten zu erleichtern, ist die Scheibe durch zwei unter sich winkelrechte Durchmesser in vier gleiche Theile getheilt. Man

läfst das eine Ende des auf dem Niveau winkelrechten Durchmessers zusammenfallen mit dem Strich, der auf der Klemme der Druckschraube gemacht ist. Man schraubt alsdann die eine oder die andere der Stellschrauben auf oder ab, bis die Luftblase sehr genau die Mitte des Niveaus einnimmt. Hierauf dreht man die Scheibe um einen Quadranten; dadurch kommt das Niveau in winkelrechte Lage gegen die frühere oder in die Richtung der dritten Stellschraube *V*; je nach der Lage der Luftblase, dreht man nun diese Schraube vor- oder rückwärts, bis die Blase wieder in der Mitte der Theilung steht. Man thut wohl, dieselben Operationen sogleich mit einer Drehung des Niveaus um 180° gegen seine früheren Lagen zu wiederholen, um sich zu versichern, ob das Niveau genau parallel mit der Scheibe sey. Fände es sich, dafs die Luftblase, nach dem Drehen des Niveaus um 180°, nicht auf denselben Punkt zurückkäme, es also falsch gestellt wäre, so müfste man den Unterschied halbiren, indem man die Schraube, die emporzuschrauben wäre, blofs um die Hälfte des vom Niveau angegebenen Unterschieds in die Höhe schraubte; die andere Hälfte des Fehlers würde berichtigt durch die drei Schrauben, welche das eine Ende des Niveaus halten, und von denen die eine gegen die Scheibe zieht, die beiden seitlichen aber stemmen.

Einstellung in die Breite des Orts. Nachdem der Fufs wohl horizontal gestellt worden, dreht man diejenige Seite des Apparats, welche den an der Uhr befestigten Quadranten trägt, nach Westen, und bringt den Nonius, der an dem einen Ständer der Uhr sitzt, in Coincidenz mit dem Breitengrad des Beobachtungsorts. Das Instrument erhält dann eine Neigung im Sinne der in der Fig. 7 Taf. III. Die Axe der Uhr würde der Erdaxe parallel seyn, wenn die Ebene der Neigung in dem Meridian des Ortes läge. Diese durchaus nothwendige Stellung erhält man sehr leicht auf folgende Weise.

Einstellung in den Meridian. Zu dem Ende löst man die Klemmschraube, welche den oberen Bogen an der Axe der Uhr hält, um diesen Bogen so drehen zu können, dafs der Strich auf dem Zeiger in die Stunde der Sonnenuhr kommt, d. h. in die wahre Stunde des Moments der Einstellung. Da die Uhr aufgezogen ist und geht, so schraubt man den Knopf, welcher die Büchse dieses Kreises an die Axe der Uhr hält, wohl fest, und läfst den Kreis von dieser drehen. Man schraubt den Knopf des getheilten Kreises los und verschiebt den Kreis, bis der Index den Tag der Beobachtung an der einen oder andern Theilung angiebt:

1) nämlich mittelst der Grade, die Zahl, welche die astronomischen Ephemeriden für den Tag der Beobachtung nachweisen. Wenn diese Declination nördlich ist, wie im Sommer, so gebraucht man die der Gabelaxe näher liegende Theilung; ist dagegen Winter oder die Declination südlich, so bedient man sich der Theilung am andern Ende des Bogens. Alsdann, da der Zeiger auf der Stunde und der Bogen in der Declination steht, hat man nur noch das Fernrohr gehörig auszuziehen, auf die Sonne zu richten, indem man das ganze Instrument mit dem horizontalen Kreise dreht, ohne die Stellschrauben zu rücken, und den Kreis feststellt. *Das Instrument ist nun orientirt* gegen den Meridian des Orts, und überdiefs ist auch der einfallende Strahl gerichtet, weil der in der Axe des Fernrohrs diesem Strahle parallel ist.

2) Hat man nicht die wahre Declination, so sucht man auf der Tagestheilung das Datum des Beobachtungstages auf und bringt es unter den Ablesestrich. Da die Tage nur von fünf zu fünf angegeben sind, so theilt man mit dem Auge den Zwischenraum in fünf Theile, und da, vom 25. bis zum 28., 29., 30. oder 31., je nach dem Monate 4, 5, 6 oder 7 Tage bis zum ersten des fol-

folgenden sind, so nimmt man darauf Rücksicht. Dann ist das Instrument wie zuvor orientirt.

Kennte man endlich weder die Declination noch das Datum des Tages, jedoch die wahre Stunde, so müfste sich, bei jeglicher Declination, die Sonne in der Ebene dieses Bogens befinden; man visirt daher auf sie, indem man gleichzeitig den Bogen und die horizontale Scheibe dreht, und wenn das Fernrohr auf die Sonne gerichtet ist, wird das Instrument *orientirt seyn.* Dieses sehr einfache Mittel ist vielleicht das richtigste.

Man könnte sogar das Instrument einstellen, indem man den Schatten des Endes R''' auf diesen Bogen selber fallen liefs. Ein einziger Strich diente dann für immer zur Coïncidenz.

Reflexion des Sonnenbildes. Um den einfallenden Strahl auf die Wand zu werfen, löst man die beiden Klemmschrauben, welche die Hülse und den Reflexions-Kreisbogen halten, und richtet die Axe der Gabel auf den Punkt, auf welchem man den reflectirten Strahl haben will, indem man den Reflexionsbogen, erstlich um seine Hülse oder Axe dreht, und zweitens mehr oder weniger in seiner Büchse verschiebt. Ist das Bild einmal auf den gewünschten Punkt reflectirt, so zieht man die an der Basis der Uhr befindliche Klemmschraube an und darauf die des Bogens. Dann ist der reflectirte Strahl gerichtet, und bleibt in dieser Richtung, da sie sich in der Ebene des Kreises befindet [1]).

1) Zum Schlufs bemerkt noch Hr. Silbermann, dafs sein Heliostat von dem Optiker Hrn. Soleil (*rue de l'Odéon*) angefertigt werde und der Uhrmacher Hr. Neumann (*rue de Seine-Saint-Germain*) die Uhr dazu liefere.

VI. *Ueber ein neues Verfahren, die zu photographischen Bildern bestimmten Platten zu poliren, welches, so lange die äuſseren Umstände gleich bleiben, einerlei Resultate liefert;* *von Hrn.* Daguerre.

(*Compt. rend. T. XVI p.* 588.)

Seit der Veröffentlichung meines Verfahrens habe ich mich nicht viel damit beschäftigen können. Die Untersuchungen, denen ich mich überlieſs, haben mich auf eine ganz neue Bahn geführt, und die Versuche, welche sie erfordern, haben mit den früheren nur in sofern Analogie, als sie auch eine Metallplatte erfordern. Indeſs sind mir neuerlich die ungleichen Resultate, welche selbst Personen, die sich speciell damit beschäftigen, im Allgemeinen erhielten, dermaſsen aufgefallen, daſs ich mich entschloſs, Mittel zur Abhülfe dieses groſsen Uebelstandes aufzusuchen. Ich schreibe denselben hauptsächlich zweien Ursachen zu.

Die erste entspringt aus der Operation des Polirens, welche physisch unmöglich auszuführen ist, ohne nicht auf der Oberfläche der Platte Spuren von der dabei angewandten Flüssigkeit oder Substanz zurückzulassen. Schon die Baumwolle, die man anwendet, wie sauber sie auch sey, reicht hin, auf dem Silber einen Schleier von Fett zu hinterlassen. Diese erste Ursache ist schon ein groſses Hinderniſs zum Gelingen der Bilder, weil sie die photogenische Wirkung verzögert, dadurch, daſs sie das Jod hindert mit dem Silber in unmittelbare Berührung zu kommen.

Die zweite besteht in den Aenderungen der Temperatur der Luft, mit welcher die Platte von den ersten Operationen an bis zum Anquicken in Berührung ist. Man

weifs, dafs ein kalter Körper, jedesmal wenn er von wärmerer Luft umgeben ist, Feuchtigkeit auf sich verdichtet. Diesem Umstande mufs man die Schwierigkeit zuschreiben, die man beim Operiren in einem feuchten Medium erfährt, besonders beim Anquicken, welches, um einen zweckmäfsigen Quecksilberdampf zu erhalten, wenigstens eine Wärme von 50° C. verlangt.

Dieser Dampf, welcher anfangs die in dem Apparat enthaltene Luft erwärmt, erzeugt auf dem Metall einen Thau (*buée*), welcher das Bild schwächt. Offenbar ist diese feuchte Schicht sehr schädlich, weil, wenn man z. B. die aus der dunklen Kammer genommene Platte mehrmals anhaucht, der Quecksilberdampf kein Bild auf ihr machen kann.

Das Wasser, welches sich, *selbst bei dem geringsten Temperaturunterschied* zwischen der Oberfläche des Körpers und der umgebenden Luft, verdichtet, enthält gelöst oder schwebend eine nicht flüchtige Substanz, die man *atmosphärischen Schmutz* (*limon atmosphérique*) nennen könnte. Sobald sich nun zwischen der Luft und der Oberfläche des Körpers die Temperatur in Gleichgewicht setzt, verdampft die niedergeschlagene Feuchtigkeit und setzt den in ihr enthaltenen Schmutz auf die Fläche ab, um sich in der Luft mit einer neuen Menge dieser unreinen Substanz zu sättigen.

Um diesen Vorgang möglichst zu schwächen, kann man bei jeder der Operationen die Temperatur der Platte höher halten als die der Luft. Allein es ist nicht möglich, diese Wärme 50° C. erreichen zu lassen, damit sie zu der des Quecksilberdampfs in Beziehung stehe, weil, wenn die Platte, nach der Wirkung des Lichts in der dunklen Kammer, diesem Wärmegrad ausgesetzt wird, das Bild beschädigt wird.

Ich suchte zuvörderst die Feuchtigkeit der Luft in dem Anquick-Kasten durch die gebräuchlichen Mittel, z. B. Kalk etc., zu absorbiren; allein diese Mittel sind

unzureichend und verwickeln den Procefs, ohne grofsen Erfolg zu gewähren. Ein anderes Mittel, das vorgeschlagen worden, besteht darin, das Quecksilber unter der Luftpumpe zu verdampfen. Durch diefs Verfahren vermeidet man allerdings den Thau (*buée*) auf der Platte; allein man entfernt den Luftdruck, der unerläfslich für das Bild ist. Immer fehlte auch den so dargestellten Bildern die Reinheit.

Ich bin bei folgendem Verfahren stehen geblieben, weil es sehr einfach ist, und die beiden vorhin bezeichneten Uebelstände entfernt, d. h. weil es das Silber möglichst von allem Schmutz oder Schlamm befreit und die durch die Temperaturerhöhung in dem Anquick-Kasten bewirkte Feuchtigkeit neutralisirt. Durch den ersten der beiden Effecte erhöht es die Schnelligkeit, und durch den zweiten macht es die Lichter viel weifser (besonders bei Anwendung des von Hrn. Fizeau empfohlenen Chlorgoldes); beide Effecte sind immer sicher. Die Schnelligkeit, welche dieses Verfahren gewährt, verhält sich zu der gewöhnlichen wie 8 : 3. Diefs Verhältnifs ist streng.

Diefs Verfahren besteht darin, dafs man die Platte, nachdem sie polirt worden, mit einer Schicht sehr reinen Wassers bedeckt, sehr stark mit einer Weingeistlampe erhitzt und hierauf diese Wasserschicht solchergestalt abgiefst, dafs ihr oberer Theil, worin der von ihr aufgenommene Schmutz schwimmt, die Platte nicht berührt.

Verfahrungsweise.

Man verschaffe sich einen Rahmen von Eisendraht mit einer Handhabe an einem seiner Winkel, und zwei kleinen Krampen, an der Mitte zweier gegenüberliegender Seiten, zum Halten der Platte, wenn man sie neigt. Nachdem man diesen Rahmen auf eine horizontale Ebene gelegt, und auf ihn wiederum die Platte, bedeckt man

diese mit einer Schicht sehr reinen Wassers, mit einer so dicken als die Platte zurückhalten kann. Nun erhitzt man die Platte von unten sehr stark; es bilden sich auf der Oberfläche sehr kleine Blasen, die allmälig gröfser werden und endlich verschwinden; man fährt mit dem Erhitzen bis zum Sieden fort, und läfst dann das Wasser ablaufen. Dabei fängt man an die Lampe unter denjenigen Winkel des Rahmens zu bringen, an dem sich die Handhabe befindet; allein ehe man den Rahmen fortnimmt, mufs man diesen Winkel sehr lebhaft erhitzen, und dann, indem man ihn mit der Handhabe sehr wenig hebt, beginnt das Wasser sogleich sich zurückzuziehen. Man mufs es so einrichten, dafs die Lampe, unter der Platte, der Wasserschicht in ihrem Gange folgt, und nur nach und nach neigen und gerade so viel, dafs die Wasserschicht bei ihrem Rückzug nichts von ihrer Dicke verliert; denn wenn das Wasser austrocknete, blieben einzelne Tropfen zurück, die, da sie nicht fliefsen können, Flecken beim Eintrocknen machen würden, weil sie den in ihnen enthaltenen Schlamm auf dem Silber zurücklassen. Hierauf darf man die Platte nicht mehr reiben, da recht reines Wasser die Politur nicht zerstört.

Man mufs diese Operation nicht eher vornehmen als kurz vor der Jodirung der Platte. Während sie noch heifs ist, legt man sie in den Jodirkasten, und ohne sie erkalten zu lassen, unterwirft man sie dem Dampfe beschleunigender Substanzen. Die so zubereiteten Platten kann man ein oder zwei Tage aufbewahren (obgleich die Empfindlichkeit etwas abnimmt), sobald man mehre so zubereitete Platten in sehr kleinem Abstande einander zugewandt aufstellt, sorgfältig eingehüllt, um die Erneuerung der Luft zwischen den Platten zu verhüten.

Bemerkung über das Poliren der Platten.

Man kann nicht genug empfehlen, die Platten wohl zu poliren. Das ist einer der wichtigsten Punkte zur Erlangung großer Feinheit in den Bildern. Allein die Reinheit verschwindet bisweilen, sobald man sich Substanzen bedient, die stark an der Oberfläche des Silbers haften. Dieß ist der Fall mit dem Eisenoxyd (englisch Roth), dessen man sich gemeiniglich bedient, um die letzte Politur zu geben. Zwar scheint diese Substanz das Silber zu bräunen (*brunir*) und demselben eine vollkommnere Politur zu geben; allein diese Politur ist erkünstelt, weil sie wirklich nicht auf dem Silber vorhanden ist, sondern vielmehr auf einer sehr dünnen Schicht von Eisenoxyd. Aus diesem Grunde muß man zum Poliren eine Substanz nehmen, die nicht am Silber haftet. Der von mir empfohlene Bimstein läßt weniger Rückstand.

Was die anzuwendende Flüssigkeit betrifft, so kann man zu den ersten Operationen Salpetersäure von *fünf* Graden (Baumé?) nehmen, wie ich ursprünglich angab; allein zu den letzteren darf man sich nur einer Säure von *einem* Grad bedienen.

Das Poliren mit Oel und das Erwärmen können fortgelassen werden.

Ich benutze diese Gelegenheit, um der Academie folgende Beobachtungen mitzutheilen.

Die durch *niedersteigende* Dämpfe von Jod und beschleunigenden Substanzen erzeugte Schicht bildet mit Silber eine empfindlichere Verbindung als man mit *aufsteigenden* Dämpfen erhält. Ich mache diese Bemerkung nur, um eine Thatsache zu constatiren, denn es wäre schwierig niedersteigende Dämpfe anzuwenden, wegen des Staubes, der während der Operation herabfallen und Flekken machen könnte.

Jedermann kann den Widerstand bemerken, den

das Licht beim Durchgang durch weifses Fensterglas erleidet. Dieser Widerstand ist gröfser als er erscheint, und mufs nicht nur dem Schmutz zugeschrieben werden, den man beim Reinigen auf den Fenstern zurückläfst, sondern auch dem, der sich natürlich darauf absetzt. Das Objectiv der dunklen Kammer ist sicherlich in demselben Fall. Um mich davon zu versichern, brachte ich das Objectiv in kaltes Wasser und erhitzte dieses zum Sieden. Ich wufste wohl, dafs es unmöglich sey, dasselbe herauszuziehen, ohne dafs sich die in demselben schwimmende Schmutzschicht an beiden Seiten absetze. Diese Operation hatte also keinen anderen Zweck, als die Temperatur des Glases bis 100° zu steigern; und dann gofs ich unmittelbar auf beide Seiten des Objectivs recht reines siedendes Wasser, um den Schmutz fortzuschwemmen. Mit einem so gesäuberten Objectiv operirend, habe ich die Schnelligkeit noch vermehrt. Diefs Mittel hat indefs in der Praxis zu viel Schwierigkeit; nur mufs man das Objectiv alle Tage sorgfältig abwischen.

Dieser atmosphärische Schmutz (*limon atmosphérique*), welcher die Geifsel der photogenischen Bilder ist, ist andererseits die Seele der Bilder, die man beim Contact oder bei sehr kleinem Abstande erhält. Um sich davon zu überzeugen braucht man nur die beiden Körper, die man in Contact setzen will, auf angezeigte Weise mit siedendem Wasser zu behandeln und sie beide in gleicher Temperatur wie die der Luft zu halten. Man erhält alsdann kein Abbild, und diefs beweist einleuchtend, dafs diese Bilder keine Beziehung zu der Strahlung haben, welche die photogenischen Bilder erzeugt.

Uebrigens habe ich den Unterschied, der zwischen diesen Bildern herrscht, schon seit sehr lange bemerkt, wie aus der von mir dem Verfahren des Hrn. Niépce hinzugefügten Note (p. 44 meiner 1839 veröffentlichten Brochüre) ersichtlich ist.

VII. *Ueber die zur Erzeugung der Moser'schen Bilder beitragenden Ursachen; von Hrn. Fizeau.*

(Aus einem Briefe an Hrn. Arago (Nov. 1842). — *Compt. rend. T. XV p.* 896.)

— Seit meiner Rückkehr bin ich emsig mit den von Hrn. Moser beobachteten sonderbaren Erscheinungen beschäftigt, und ich hoffe nächstens die Ehre haben zu können, der Academie darüber eine Arbeit mitzutheilen.

Die bisher von mir gemachten Versuche haben meistens die angegebenen Thatsachen bestätigt; allein ich mufs sagen, dafs mich alle zu einer von der Moser'schen ganz abweichenden Ansicht geführt haben.

Weit entfernt zu glauben, dafs man neue, von allen Körpern, selbst in der Dunkelheit, ausgehende und bei ihrer Aussendung ganz besonderen Gesetzen unterworfene Strahlungen annehmen müsse, bin ich überzeugt, dafs man zur Erklärung dieser Erscheinungen keine Art von Strahlungen anzusprechen braucht, sondern sie vielmehr auf folgende bekannte Thatsachen zurückführen mufs.

1) Die meisten Körper, mit denen wir operiren, sind auf ihrer Oberfläche mit einer Schicht von organischer Substanz bedeckt, einer den fetten Körpern analogen und flüchtigen oder wenigstens vom Wasserdampf fortnehmbaren.

2) Läfst man einen Dampf auf einer polirten Fläche sich verdichten, und sind die verschiedenen Theile dieser Fläche ungleich mit fremdartigen Körpern beschmutzt, selbst in äufserst geringer Menge, so geschieht die Verdichtung an den verschiedenen Theilen dieser Fläche sichtlich ungleich.

Wenn man also eine polirte und reine Fläche in Berührung mit, oder in eine kleine Entfernung von irgend einem Körper mit unebener Oberfläche bringt, so wird ein Theil der flüchtigen organischen Substanz, mit welcher diese letztere Fläche überzogen ist, verdichtet durch die polirte Fläche, in deren Nähe sie sich befindet; und da ich vorausgesetzt, dafs der Körper Unebenheiten, erhobene und vertiefte Theile, besitze, d. h. die verschiedenen Theile desselben ungleichen Abstand von der polirten Fläche haben, so erfolgt daraus ein ungleicher Uebertrag der organischen Substanz auf die verschiedenen Punkte dieser Fläche. An den Punkten, die den Erhabenheiten des Körpers entsprechen, wird die polirte Fläche mehr, an den den Vertiefungen entsprechenden weniger empfangen. Daraus erfolgt eine Art Bild, aber gewöhnlich ein unsichtbares. Läfst man dann einen Dampf an dieser polirten Fläche sich verdichten, so sieht man, dafs er sich unter den oben erwähnten Umständen befindet, dafs also die Verdichtung an den verschiedenen Punkten auf eine sichtbar ungleiche Weise vor sich gehen wird, d. h. dafs das unsichtbare Bild sichtbar wird.

Diefs ist im Kurzen die Idee, die meine Versuche über die neuen, von Hrn. Moser beobachteten Erscheinungen mich haben fassen lassen. Aus diesem Gesichtspunkt bietet das Studium derselben ohne Zweifel weniger Interesse als aus dem des Königsberger Physikers; allein die sonderbare Rolle, die diese auf der Oberfläche fast aller Körper anzutreffende organische Substanz hier zu spielen scheint, kann einige Aufschlüsse über die noch so wenig bekannte Natur und Beschaffenheit derselben hoffen lassen.

VIII. *Untersuchungen über die Entstehung der Moser'schen Bilder; von Hrn. H. Fizeau.*

(*Compt. rendu, T. XVI p.* 397. — 13. Febr. 1843.)

In einem der Academie in ihrer Sitzung am 7. Nov. 1842 mitgetheilten Briefe habe ich von Versuchen über die von Hrn. Moser beobachteten Erscheinungen gesprochen, d. h. von der Entstehung der Bilder, welche sich auf einer polirten Fläche zeigen, wenn Körper in grofse Nähe dieser Fläche gebracht werden. Diese Versuche hatten mich, der Meinung des Hrn. Moser zuwider, darauf geführt, die neuen Thatsachen als jeder Art von Strahlung fremd zu betrachten, und sie auf das wohl erwiesene Daseyn fetter und flüchtiger Substanzen zu beziehen, mit welchen die meisten Körper auf ihrer Oberfläche beschmutzt sind.

Da die von mir der Academie angekündigte Arbeit noch nicht vollendet ist, so will ich versuchen, die Hauptthatsachen anzugeben, auf welche sich meine Erklärung stützt.

1) Die Eigenschaft, Bilder zu geben auf einer polirten Fläche ist in den Körpern nicht permanent; versucht man mit einem selben Körper successive eine grofse Zahl von Bildern darzustellen, so sieht man, dafs sein Vermögen dazu allmälig schwächer, und nach einer gewissen Zahl von Proben, die nach der Natur, besonders aber nach der Textur des Körpers verschieden ist, fast Null wird. Compacte Körper, wie Metalle, verlieren diese Eigenschaft rasch, poröse dagegen bewahren sie auf eine merkwürdige Art.

2) Wenn die Eigenschaft, Bilder zu erzeugen, bei einem Körper verloren oder geschwächt ist, giebt man sie ihm augenblicklich wieder, wenn man die Finger über seine Oberfläche führt, oder diese selbe Fläche mit den

Haaren eines lebenden Thieres, die bekanntlich immer mit den unter dem Namen *Schweiſs* bekannten organischen Substanzen imprägnirt sind, reibt.

3) Wenn man die Temperatur des bildergebenden Körpers erhöht, ohne die der polirten Fläche zu verändern, so erzeugt sich das Bild in sehr kurzer Zeit.

4) Wenn eine polirte Fläche das Bild eines Körpers empfangen hat, so ist diese nämliche Fläche ihrerseits fähig, auf einer zweiten ihr sehr nahe gebrachten polirten Fläche ein Bild hervorzubringen, welches man *secundär* nennen kann, und welches selbst ein tertiäres erzeugen könnte, wenn nicht die Schärfe des Eindrucks sehr rasch bei diesen folgweisen Uebertragungen abnähme.

5) Wenn ich zwischen den bildgebenden Körper und die polirte Fläche ein sehr dünnes Glimmerblättchen einschalte, finde ich beständig keine Wirkung. Unter gewissen Umständen erhält man zwar auf diese Weise Bilder, die man indeſs nicht verwechseln muſs mit denen, welche leuchtende Körper hervorbringen. Das ist nämlich der Fall, wenn ein selbes Glimmerblättchen hinter einander zu zwei Versuchen gebraucht, und bei dem zweiten Versuch in umgekehrter Stellung wie bei dem ersten gebraucht wird. Alsdann ist diejenige Fläche des Glimmers, welche bei dem ersten Versuch mit dem bildgebenden Körper in Berührung war, und einen Eindruck empfing, bei dem zweiten mit der polirten Fläche in Contact, und sie muſs also zu einem secundären Bilde Anlaſs geben. Dieses Bild kann immer von dem directen unterschieden werden, dadurch, daſs es offenbar ein umgewandtes von der Oberfläche des Körpers ist, wogegen das secundäre Bild, als umgewandt zu dem vorhergehenden, ein rechtes vom Körper seyn muſs.

6) Endlich geben verschiedene Versuche über diese Bilder durchaus gleiche Resultate, man mag unter dem Einfluſs des Lichts oder in vollständiger Dunkelheit operiren.

IX. *Betrachtungen über die chemische Wirkung des Lichts; von Hrn. Arago.*

(Ann. de chim. et de phys. Ser. III T. VII p. 207.)

Ein Brief des Hrn. Edmund Becquerel hat Hrn. Arago in der Pariser Academie zu einer mündlichen Mittheilung veranlafst, die wir hier so getreu als möglich wieder geben wollen.

Kurz nach Erlafs des Gesetzes, welches den HH. Daguerre und Nièpce eine National-Belohnung zusicherte, äufserten sich in einem kleinen Theil des Publicums Meinungen, die, meines Erachtens, sehr irrig waren, mir aber die Pflicht auferlegten, zu zeigen, dafs die neue Entdeckung nicht blofs unter dem artistischen Gesichtspunkt betrachtet werden müsse, sondern dafs sie auch die Physik mit sehr köstlichen Forschungsmitteln bereichere. Das war der Zweck einer Note, die in dem *Compte rendu* vom 19. Aug. 1839 erschien. Sie war so abgefafst.

»Hier eine Anwendung, deren der Daguerréotyp fähig seyn wird und mir sehr des Interesses würdig erscheint. Die Beobachtung hat gezeigt, dafs das Sonnenspectrum nicht continuirlich ist, sondern transversale Unterbrechungen, vollkommen schwarze Striche hat. Giebt es ähnliche Unterbrechungen in den dunklen Strahlen, welche die photogenischen Effecte hervorzubringen scheinen? Wenn dem so ist: entsprechen sie den schwarzen Strichen des leuchtenden Spectrums? Da mehre der Querstriche des Spectrums mit blofsem Auge, d. h. wenn sie sich unvergröfsert auf der Netzhaut abbilden, sichtbar sind, so wird die Aufgabe, welche ich hinstelle, leicht gelöst seyn.«

Diese sehr leichte Lösung des Problems, die ich

mir vorgesetzt, konnte ich selbst im J. 1839 nicht experimentell aufsuchen, da die alte dunkle Kammer der Sternwarte damals eine andere Bestimmung erhalten hatte, und die neue noch nicht eingerichtet war. Uebrigens mufs ich voraussetzen, dafs mein Aufruf gehört ward, denn ich habe erfahren, dafs die K. Gesellschaft zu London am 20. Febr. 1840 eine Abhandlung von Sir John Herschel empfing, worin die Frage berührt ist, und Jedermann hier wird sich erinnern, dafs Hr. E. Becquerel die Academie in der Sitzung vom 13. Juni 1842 mit demselben Gegenstand unterhielt. Hr. Herschel, dem kein Heliostat zu Gebote stand, glaubte sich nicht bestimmt über das Daseyn von Streifen in dem photographischen Bilde des Spectrums aussprechen zu dürfen; allein Hr. Edm. Becquerel warf ein stationäres Spectrum auf die jodirte Platte, und sah, nach dem Versuch, auf dem vom Spectrum eingenommenen Theil der Platte deutliche Querstreifen, längs welchen die chemische Substanz unverletzt geblieben war oder wenigstens keine wahrnehmbare Veränderung erlitten hatte. Er erkannte überdiefs, dafs diese Striche genau den dunklen Linien des leuchtenden Spectrums entsprachen.

Beim ersten Blick könnte der besagte Versuch überflüssig scheinen, denn, sollte sich nicht das erhaltene Resultat von selbst verstehen? Wie kann man photogenische Wirkungen erwarten dort, wo alles Licht fehlt?

Hier meine Antwort: Es ist keineswegs erwiesen, dafs die photogenischen Veränderungen der empfindlichen (*impressionables*) Substanzen aus der Wirkung des Sonnenlichtes selber entspringen. Diese Veränderungen werden vielleicht hervorgerufen von dunklen Strahlungen, die dem eigentlichen Lichte beigemengt sind, sie begleiten, und wie dieses gebrochen werden. In diesem Fall bewiese der Versuch nicht nur, dafs das von diesen unsichtbaren Strahlen gebildete Spectrum discontinuirlich ist, dafs es Unterbrechungen hat wie das sichtbare Spectrum,

sondern auch dafs in den beiden übereinanderliegenden Spectren diese Unterbrechungen *einander genau entsprechen.* Diefs wäre eins der sonderbarsten, der seltsamsten Resultate der Physik.

Führen wir in diese Erörterung ein von der Geschwindigkeit des Lichts abhängiges Element ein: die Folgerungen aus der Beobachtung werden dadurch nicht minder mehr interessant.

Vor vielen Jahren habe ich gezeigt, dafs die Strahlen der Sterne, auf welche die Erde zuläuft, und die Strahlen derjenigen, von denen die Erde sich entfernt, genau um dieselbe Gröfse gebrochen werden. Ein solches Resultat ist mit der *Emissionstheorie* nicht anders vereinbar als mit Hülfe eines wichtigen Zusatzes zu dieser Theorie, auf dessen Nothwendigkeit ich schon ehemals verfiel, und das auch allgemein von den Physikern angenommen ward. Man mufs nämlich annehmen, dafs die leuchtenden Körper Strahlen von allen Geschwindigkeiten aussenden, und dafs blofs die Strahlen von einer bestimmten Geschwindigkeit sichtbar sind, sie allein die Empfindung des Lichts im Auge hervorbringen. Nach der Emissionstheorie werden das Roth, das Gelb, das Grün, das Blau, das Violett des Sonnenlichts respective begleitet von ähnlichen Strahlen, die aber aus Mangel oder Ueberschufs an Geschwindigkeit dunkel sind. Dem Mehr in der Geschwindigkeit entspricht eine geringere Geschwindigkeit, wie das Weniger in ersterer einen gröfseren Werth der letzteren nach sich zieht. Sonach ist jeder sichtbare rothe Strahl begleitet von dunklen Strahlen gleicher Natur, welche, die einen mehr, die andern weniger als er gebrochen werden; *mithin giebt es Strahlen in dem schwarzen Streifen der rothen Portion des Spectrums.* Dasselbe gilt von den Strichen in dem gelben, grünen, blauen und violetten Theile. Da nun der Versuch gezeigt, dafs die in den Strichen enthaltenen Strahlen ohne Wirkung auf die empfänglichen Substanzen sind, so ist es festgestellt, dafs jede Vermehrung oder

Verringerung der Geschwindigkeit den Lichtstrahlen photogenische Eigenschaften nimmt, mit denen sie ursprünglich begabt waren; dafs die Sonnenstrahlen aufhören chemisch zu wirken im selben Moment, wo sie, durch eine Aenderung der Geschwindigkeit, die Fähigkeit verlieren, auf der Netzhaut Lichtempfindungen hervorzurufen. Ich habe wohl nicht nöthig Alles hervorzuheben, was in einer von der Geschwindigkeit der Strahlen abhängigen chemischen Wirkungsweise des Lichts Sonderbares liegt.

An demselben Montage übergab Hr. Edm. Becquerel das Resultat eines Versuchs, den ich zwei Jahre und zehn Monate früher vorgeschlagen hatte, dabei öffentlich auffordernd, ihn unter neuen Bedingungen vorzunehmem, die über die Art, wie die Geschwindigkeit die chemische Wirkung des Lichts abändere, Aufschlufs geben müfsten. Ich machte bemerklich, dafs man, da die Sonnenstrahlen sich in dem Maafse rascher bewegen als die von ihnen durchlaufenen Mittel brechbarer sind, zu einem erspriefslichen Resultat gelangen werde, wenn man vergleichend und gleichzeitig die Wirkung des Lichts auf eine jodirte Platte studire, die zur Hälfte in zwei sehr unähnliche Mittel getaucht sey, z. B. in Wasser und in Luft. Hr. Edm. Becquerel war so gut, dieser Idee zu folgen. Unter dem 25. November 1842 hat er mir folgenden Brief geschrieben:

»Als Sie, im verflossenen Juni, die Gefälligkeit hatten, der Academie der Wissenschaften meine Abhandlung über die Constitution des Sonnenlichts vorzulegen, waren Sie so gut mir einen Versuch anzugeben, durch den man erfahren könne, ob bei Eintauchung einer für die Wirkung der Sonnenstrahlen empfänglichen Substanz in ein anderes Mittel als die Luft, durch die Aenderung in der Geschwindigkeit der Sonnenstrahlen beim Uebergang der Luft in dieses Mittel, die Lage der queren Striche oder Streifen im Spectrum der chemischen Strahlen verändert werde.«

»Ich habe mich beeifert diese Versuche sogleich an-

zustellen, zunächst mit Anwendung von Wasser als neues Mittel. Meine Abreise aufs Land hat mich genöthigt, sie zu unterbrechen. Ich rechnete darauf sie bei meiner Rückkehr wiederholen zu können, ehe ich das Resultat derselben bekannt machte; allein das schlechte Wetter der Jahreszeit hat mir noch nicht erlaubt diesen Vorsatz auszuführen. Ich habe indefs die Ehre, Ihnen das Resultat zweier Versuche nebst der Beschreibung des dabei befolgten Verfahrens zu übersenden.«

»Ich gebrauchte dabei einen kleinen Glaskasten mit recht ebenen Rändern, voll Wasser, und eine auf Hrn. Daguerre's Weise zubereitete Platte, senkrecht in den Kasten gestellt, so dafs sie parallel war mit der Vorderfläche des Kastens. Bei den zwei Versuchen betrug der Abstand der jodirten Platte von dieser Fläche ein Centimeter. Durch eine im Fensterladen gemachte schmale Spalte brachte ich ein Bündel Sonnenstrahlen in ein dunkles Zimmer und brach sie dort durch ein recht reines Flintglas-Prisma, vor welchem eine Linse mit grofser Brennweite aufgestellt worden, um so ein Sonnenspectrum mit allen seinen Strichen projicirt zu erhalten. Hierauf stellte ich in die Bahn der gebrochenen Strahlen den Kasten mit Wasser, so, dafs sich das Wasser mit allen seinen Strichen recht horizontal auf die jodirte Platte abzeichnen, und dabei die violetten Strahlen winkelrecht durch die Vorderfläche des Kastens gehen mufsten. Vor dem Versuch war in den Kasten so viel Wasser gegossen, dafs sein Niveau das Bild des Spectrums der Länge nach halbiren mufste.«

»Nimmt man nach einer Wirkung von einer bis zwei Minuten die Platte fort und setzt sie Quecksilberdämpfen aus, so sieht man das Bild des Spectrums von der Gränze des Grün und Blau bis über das äufserste Violett hinaus zum Vorschein kommen, und, wie ich in meiner Abhandlung gesagt, hat dieses Bild alle seine Striche ähnlich

lich liegend, wie das des Lichtspectrums für die Portionen von gleicher Brechbarkeit. Zwischen dem Bilde des Spectrums auf der in der Luft gebliebenen Portion der Platte und dem auf der im Wasser gewesenen Portion ist kein recht merklicher Unterschied. Die Striche beider Portionen des Spectrums scheinen sehr gut in gegenseitiger Verlängerung zu liegen, ausgenommen jedoch in den äufsersten Portionen des chemischen Spectrums, rechts und links, wo die Strahlen des im Wasser erzeugten Bildes etwas dichter zusammenzurücken scheinen. Diefs scheint mir der Brechung der schiefen Strahlen zugeschrieben werden zu müssen.«

»Diese beiden Versuche scheinen zu beweisen, dafs die Natur des Mittels, in welches die für die chemische Wirkung der Sonnenstrahlen empfindliche Substanz getaucht ist, nicht die Wirkung dieser Strahlen abändert, so dafs der Eindruck des Sonnenspectrums auf diese Substanz immer dieselben Striche und an denselben Orten darbietet.«

»Sobald das Wetter es erlauben wird, denke ich diese Versuche zu wiederholen, zu vermannichfaltigen und vielleicht zu entscheidenderen Resultaten zu bringen.«

Ich habe die Ehre etc.

Hier hat man also Sonnenstrahlen, die sich in Luft und in Wasser genau gleich verhalten. In der Luft bewegt sich indefs, nach dem Emissionssystem, das Licht weit weniger geschwind als im Wasser. Die Geschwindigkeit ist also hier ohne Einflufs, eine Folgerung, die, auf dem ersten Anblick, in offnem Widerspruch mit der zu seyn scheint, die wir aus dem ersten Versuch gezogen haben. Die beiden Resultate sind indefs nicht unvereinbar. Eine neue Hypothese kann sie, wie mir scheint, in Einklang bringen. Jeder mag urtheilen:

Die Geschwindigkeit, mit welcher ein Lichtstrahl ei-

nen gegebenen Körper *durchläuft*, hängt ausschliefslich von der Brechbarkeit dieses Körpers ab, so wie von der *Emissionsgeschwindigkeit des Strahls*, von der Geschwindigkeit, die er im Vacuo hatte. Der Strahl, welcher durch das Wasser bis zur Oberfläche der Jodschicht gelangt, besitzt am Punkt, wo er diese Fläche trifft, eine Geschwindigkeit, gröfser als die, welche der durch die Luft gegangene Strahl an demselben Punkt besafs; allein *im Innern der Schicht selbst*, in einer hinreichenden Tiefe, haben beide Strahlen genau dieselben Geschwindigkeiten. Läfst man die photogenischen Erscheinungen von einer nicht an der Oberfläche, sondern im Innern der Schicht ausgeübten Wirkung abhängen, so verschwindet alle Schwierigkeit. Nun sind wir, sonderbar genug, gezwungen, einen wesentlichen Unterschied zu machen zwischen der Oberfläche und dem Innern einer Schicht, die von unglaublich geringer Dicke ist.

Betrachtet man sonach die photogenischen Phänomene als Beispiele *moleculärer* Actionen, die einer genauen Bestimmung fähig sind, so wird Jedermann fühlen, wie interessant es seyn würde, Ziffern in die eben hingestellten allgemeinen Raisonnements einzuschalten. Man wird diesen Zweck erreichen, wenn man zuvörderst die Versuche vervollständigt, mittelst deren Hr. Dumas angefangen hat, die Dicke der Jodschicht, auf welcher Daguerre'sche Bilder entstehen, zu bestimmen mittelst vergleichender Wägungen einer grofsen versilberten Platte vor und nach ihrer Jodirung. Man wird hernach in die Beobachtung der relativen Lagen der auf der empfänglichen Substanz entstandenen dunklen Striche jede mögliche Genauigkeit bringen, selbst, wenn's nöthig ist, mit Hülfe des Mikroskops. Endlich wird man, statt in einem Sprunge von Wasser zu Luft überzugehen, die relative Lage der Streifen, gebildet in zwei, an Dichte oder Brechbarkeit nur wenig verschiedenen Mitteln, mit einander vergleichen. Für jetzt fliefsen aus der vorste-

henden Erörterung, *gemäfs dem Emissionssystem*, in aller Strenge nachstehende Folgerungen:

Entspringen die photogenischen Effecte des Sonnenlichts ausschliefslich aus der Wirkung dunkler Strahlen, die den sichtbaren Strahlen beigemengt sind, wie sie fortwandern und zwar mit Geschwindigkeiten von derselben Ordnung, so haben die superponirten Spectra beider Strahlengattungen ihre Unterbrechungen genau an denselben Orten.

Erzeugen die sichtbaren Strahlen gänzlich oder theilweise die photogenischen Effecte, so ist diese Eigenschaft dermafsen ihrer Geschwindigkeit inwohnend, dafs sie dieselbe verlieren, so wie diese Geschwindigkeit wächst oder abnimmt.

Mögen die photogenischen Wirkungen des Sonnenlichts von sichtbaren oder unsichtbaren Strahlen herrühren, so können sie doch nicht einer an der Oberfläche der empfänglichen Schicht ausgeübten Wirkung zugeschrieben werden: es ist im Innern der Materie, wo man den Heerd dieser Wirkung suchen mufs.

Die vorstehenden Schlüsse können erweitert werden, wenn man die Dicke der dünnsten Jodschicht kennt, in der sich noch Daguerre'sche Bilder erzeugen; und wenn man im Stande ist, die Dicke dieser Schicht zu vergleichen mit der Länge der *Accesse* oder Lichtwellen.

X. *Ueber die vertheilende Wirkung der statischen Elektricität; von M. Faraday.*

(*Phil. Mag. Ser. III Vol. XXII p.* 200. — Ein Brief an Herrn R. Phillips.)

Vielleicht halten Sie folgende Versuche beachtenswerth; ihr Werth besteht darin, dafs sie eine sehr genaue und entscheidende Idee von Principien der elektrischen Vertheilung geben, welche, wie ich finde, von Vielen mit

einem Grad von Zweifel oder Dunkelheit angenommen werden, der ihnen viel von ihrer Wichtigkeit raubt. Sie sind der Ausdruck und der Beweis gewisser Theile meiner Ansicht von der Vertheilung (*induction*) [1]).

Sey *A* (Fig. 8 Taf. III) ein isolirter zinnerner Eiseimer, 10½ Zoll hoch, 7½ Zoll im Durchmesser, verbunden durch einen Draht mit einem empfindlichen Goldblatt-Elektrometer *E*, und *C* eine Messingkugel isolirt aufgehängt an einem trocknen Faden weifser Seide von drei bis vier Fufs Länge, so dafs der Einflufs der Hand, welche sie in dem Eiseimer hält, entfernt ist. Es sey *A* vollkommen entladen, *C* dagegen durch eine Maschine oder Leidner Flasche geladen, und, wie die Figur zeigt, in *A* gebracht. Ist *C* positiv, so wird *E* positiv divergiren; wird *C* fortgenommen, fällt *E* völlig zusammen, wenn der Apparat in guter Ordnung ist. So wie *C* in den Eimer eintritt, wächst die Divergenz von *E*, bis *C* ungefähr drei Zoll unter dem Rande des Eimers ist, wo sie dann für jeden tieferen Stand ganz unverändert bleibt. Diefs zeigt, dafs, bei jenem Abstand, die vertheilende Wirkung von *C* gänzlich auf das Innere von *A* ausgeübt wird und in keinem directen Grade auf äufsere Gegenstände. Läfst man *C* den Boden von *A* berühren, so wird seine *ganze* Ladung an *A* mitgetheilt; dann findet keine vertheilende Wirkung zwischen *C* und *A* mehr statt, und wenn man *C* nach Herausnahme untersucht, findet man es vollständig entladen.

Diefs alles sind wohl bekannte und anerkannte Wirkungen; allein, ein wenig abgeändert, lassen sich aus ihnen folgende Schlüsse ziehen: Wenn *C* blofs hängt in *A*, wirkt es durch Vertheilung auf dasselbe, und erregt an dessen Aufsenseite Elektricität seiner eignen Art; berührt *C* aber *A*, so wird seine Elektricität diesem mitgetheilt,

1) *Experimental Researches*, §. 1295 etc., und §. 1667. (Annalen, Bd. XXXXVI S. 575, und Ergänzungsbd. S. 249), und Antwort an Dr. Hare, *Phil. Magazine*, 1840, *Vol. XVII p.* 56. *VIII.*

und die Elektricität, welche dann auf der Aufsenseite von *A* ist, mufs als die betrachtet werden, welche ursprünglich auf *C* war. Da jedoch diese Veränderung keinen Effect auf die Blätter des Elektrometers übt, so beweist sie, dafs die durch *C vertheilte* Elektricität und die Elektricität *auf C* an Betrag und Kraft genau gleich sind.

Wenn ferner *C*, geladen, zu einer Zeit in gleichem Abstand von dem Boden und den Seiten von *A* gehalten wird, und zu einer andern so dicht am Boden als ohne Entladung auf *A* möglich ist, so bleibt die Divergenz durchaus unverändert, zum Beweise, dafs, mag *C* aus bedeutendem oder aus höchst geringem Abstande wirken, der Betrag seiner Kraft derselbe ist. Auch wenn *C* excentrisch, nahe der Seite des Eimers gehalten wird, so dafs die vertheilende Wirkung in Linien stattfindet, die in verschiedenen Richtungen fast jeden Kraftgrad ausdrücken, ist doch die Summe ihrer Kräfte vollkommen dieselbe constante Gröfse als die zuvor erhaltene; denn die Blätter rühren sich nicht. Unter allen diesen Umständen zeigt sich nichts von Ausdehnung oder Einschränkung (*coercion*).

Ich kann nun Versuche mit mehren concentrischen Metallgefäfsen beschreiben, z. B. den in Fig. 9 Taf. III abgebildeten, wo vier Eiseimer durch Schellacktafeln, auf welchen sie stehen, von einander isolirt sind. Auf dieses System wirkt die geladene Kugel (*carier*) *C* genau so wie auf ein einziges Gefäfs, so dafs also die Dazwischenkunft mehrer leitender Platten keinen Unterschied in dem Betrage des vertheilenden Effects macht. Wenn *C* die Innenseite des Gefäfses 4 berührt, bleiben die Goldblätter unverändert. Wird 4 durch einen Seidenfaden herausgezogen, so sinken die Blätter vollständig zusammen; wird es wieder eingeführt, öffnen sie sich bis zu demselben Grad wie zuvor. Werden 4 und 3 durch einen an einem Seidenfaden hinabgelassenen Draht

mit einander verbunden, so bleiben die Blätter unverändert, und sie bleiben es ebenfalls, wenn man 3 und 2 durch einen ähnlichen Draht verknüpft. Demnach ist nun alle Elektricität, welche anfänglich auf der Kugel war und aus beträchtlicher Ferne wirkte, auf der Aufsenseite von 2 und wirkt nur durch einen kleinen nichtleitenden Raum. Endlich bleiben auch die Blätter unverändert, wenn die Aufsenseite von 1 mit der von 2 verknüpft wird.

Denken wir uns die geladene Kugel *C* wieder in dem Mittelpunkt des Systems: die Divergenz des Elektrometers mifst nun ihre vertheilende Wirkung. Diese Divergenz bleibt sich gleich, es mag das Gefäfs 1 allein, oder es mögen alle vier Gefäfse zugleich da seyn, man mag diese Gefäfse durch Isolation getrennt, oder 2, 3 und 4 zu gleichsam einem sehr dicken Gefäfse verbunden, oder auch alle vier Gefäfse so verknüpft haben.

Wenn ferner, statt der Gefäfse 2, 3 und 4, ein dickes Gefäfs von Schellack oder Schwefel eingeführt, oder mit dem Charakter der im Gefäfs 1 enthaltenen Substanz irgend eine Veränderung vorgenommen wird, entspringt daraus nicht die geringste Aenderung in der Divergenz der Goldblättchen.

Befinden sich mehre Kugeln, statt einer, in verschiedenen Lagen in dem inneren Gefäfse, so stören sie einander nicht; sie wirken mit demselben Kraftbetrage auswärts, wie wenn die Elektricität gleichförmig über Eine Kugel ausgebreitet wäre, wiewohl die Verbreitung auf jeder Kugel durch ihre Nachbarn gestört seyn mag. Wird die Ladung einer der Kugeln durch Contact dem Gefäfse 4 gegeben und über dasselbe ausgebreitet, so wirken die übrigen noch mit gleichem Endbetrage von Kraft durch dasselbe hin, und kein, einem der Gefäfse 1, 2, 3 oder 4 gegebenen Ladungszustand hindert eine in 4 gebrachte Kugel mit genau demselben Kraftbetrage zu wirken, wie wenn die Gefäfse ungeladen wären. Wenn geriebene

Stücken Schellack an Seidenfäden in das Gefäfs gebracht werden, wirken sie genau wie Metallkugeln, ausgenommen, dafs ihre Ladung nicht durch Contact den Metallgefäfsen mitgetheilt werden kann.

Sonach übt also ein gewisser Betrag von Elektricität, der inmitten des Gefäfses *A* wirkt, nach aufsen denselben Effect aus, er mag mittelst Vertheilung durch den Raum zwischen ihm und dem Gefäfse *A* wirken, oder mittelst Leitung auf *A* übertragen seyn, so dafs die vorherige innere Vertheilung gänzlich zerstört ist. Es ist auch gleich für die vertheilende Wirkung, der Raum zwischen *O* und *A* mag gefüllt seyn mit Luft oder mit Schellack oder Schwefel, welche eine über zwei Mal stärkere specifische Inductions-Capacität als die Luft besitzen; oder mag mehre concentrische Schalen von leitender Materie, oder zu neun Zehntel mit leitender Substanz angefüllt seyn, oder an einer Seite aus Metall und an der andern aus Schellack bestehen. Was für andere Mittel genommen werden, um die Kräfte zu verändern, entweder durch Aenderung des Abstandes oder der Substanz, oder der Ladung der Substanz in diesem Raum, so bleibt doch der Betrag der Wirkung genau derselbe.

Wenn also ein Körper, sey er ein Theilchen oder eine Masse, geladen wird, so ist durchaus nichts in seiner Wirkung, was mit der Idee von Verstärkung oder Auslöschung (*exaltation or extinction*) verträglich wäre; der Betrag der Kraft ist vollkommen bestimmt und unveränderlich. Diejenigen, welche sich die elektrische Kraft als eine Flüssigkeit denken, brauchen also keine Compression oder Condensation dieser Flüssigkeit an sich oder in seiner Coërcibilität (wie einige diese Phrase verstehen) anzunehmen. Die einzige Art, diese Kraft zu afficiren, besteht in Verknüpfung derselben mit Kraft von gleicher Art, entweder in gleicher oder in entgegengesetzter Richtung. Lassen wir sie gegen Kraft von entgegengesetzter Art wirken, so können wir sie *durch Entladung* neutralisiren, oder wir können sie auch *ohne Entladung* durch die einfachen Gesetze und Principien der statischen Vertheilung verknüpfen; allein aufser der Vertheilung (*induction*), welche *immer von derselben Art* ist, giebt es keinen Kraftzustand in einem geladenen Körper, d. h. es giebt keinen Zustand von statisch elektrischer Kraft, welche den Ausdrücken *versteckte*, *verbor-*

gene oder *gebundene* (*simulated or disguised or latent*) Elektricität, entfernt von den gewöhnlichen Principien der elektrischen Vertheilung, entspricht. Es giebt auch keinen Fall, wo die Elektricität *mehr latent* oder *verborgen* wäre, als sie es ist auf dem geladenen Conductor einer Elektrisirmaschine, und sie steht bereit jeden in ihre Nähe gebrachten Körper einen kräftigen Schlag zu geben.

Aus dieser Vollkommenheit der vertheilenden Wirkung entspringt eine sonderbare Betrachtung. Man denke sich eine dünne ungeladene metallene Hohlkugel, zwei oder drei Fuſs im Durchmesser haltend, in der Mitte eines Zimmers isolirt, und darin Myriaden kleiner Bläschen oder Theilchen gleich oder verschieden mit Elektricität geladen; allein ein jedes isolirt von seinem Nachbar und der Kugel. Die vertheilende Wirkung derselben wird so seyn, wie wenn die Auſsenseite der Kugel mit einer Kraft gleich der Summe *aller* ihrer Kräfte geladen wäre, und jeder Theil dieser, an sich nicht geladenen Kugel wird einem nahe gebrachten Körper einen eben so langen und kräftigen Funken geben, wie wenn die Elektricität aller Theilchen, der nahen und der fernen, sich auf der Oberfläche der Kugel selbst befände. Gehen wir von dieser Betrachtung zu einer Wolke über. Wir können hier die äuſsere Fläche der Wolke nicht ganz der Oberfläche einer metallenen Hohlkugel vergleichen; allein die vorherigen vertheilenden Effecte auf die *Erde* und die Gebäude daselbst sind dieselben; und wenn eine geladene Wolke sich über der Erde befindet, so wird, obgleich ihre Elektricität über jedes Theilchen ausgebreitet ist, und kein bedeutender Theil der vertheilten (*inductric*) Ladung an ihrer Unterfläche angehäuft ist, dennoch ihre vertheilende Wirkung auf die Erde eben so stark seyn, wie wenn der ganze, gegen die Erde gerichtete Theil der Kraft auf dieser Fläche wäre; und der Zustand der Erde, so wie deren Neigung sich gegen die Wolke zu entladen, wird in dem ersten Fall eben so stark seyn, wie in dem letzten. Ob die Blitz-Entladung zuerst an der Wolke oder an der Erde beginne, ist weit schwieriger zu entscheiden, als man gemeiniglich glaubt [1]); theoretische Gründe lassen mich glauben, daſs sie in den meisten, vielleicht in allen Fällen, an der Erde beginnt.

1) *Exper. Research.* (§§. 1370, 1410, 1484. (Ann. Bd. XXXXVII S. 274 und 531, und Bd. XXXXVIII S. 271.)

XI. *Ueber Geschiebebildungen und Diluvial-Schrammen in Dänemark und einem Theile von Schweden; von G. Forchhammer.*

Die Bildungen von Thon, Sand und Geschieben, welche man unter dem gemeinschaftlichen Namen der Geschiebeformation zusammenfafst, haben in der letzten Zeit sehr die Aufmerksamkeit der Geognosten auf sich gezogen. Für das Studium der scandinavischen Geschiebe möchte wohl schwerlich ein Land zu finden seyn, welches so viele Hülfsmittel für diese höchst schwierige Untersuchung darbietet, als Dänemark, dessen sehr grofse Küstenerstreckung vom Rande der scandinavischen Urgebirge bis an die Elbe vielfache Gelegenheit giebt einen Blick in's Innere der dahin gehörigen Formationen zu thun. Auch haben mich diese Untersuchungen, seitdem ich anfing die geognostischen Verhältnisse Dänemarks und der Herzogthümer zu studiren, während einer Reihe von Jahren lebhaft beschäftigt.

Es mag mir daher erlaubt seyn, gleich zu Anfang dieses Aufsatzes zu bemerken, dafs man sich sehr irrt, wenn man glaubt, dafs unsere Geschiebebildung nur ein der Oberfläche angehöriges Phänomen ist, da sie vielmehr die gesammte tertiäre Zeit umfafst, und dahin gehörige Bewegungen bis in die letzte Abtheilung der Kreideformation verspürt werden können. Um diese mannichfaltige Bildung daher richtig aufzufassen, wird es durchaus nothwendig seyn, bis in die Kreideformation zurückzugehen, und das Verhältnifs der letzten Glieder derselben etwas näher in's Auge zu fassen.

Der Kohlenformation in Schonen und Bornholm, welche sich durch eine grofse Menge Eisensteinlager auszeichnet, und nach ihren Versteinerungen dem Lias und

Jura gemeinschaftlich angehören möchte, folgt auf Bornholm eine zweite Kohlenbildung, gänzlich ohne Eisenstein und ohne andere Versteinerungen als *Fucus intricatus*. Hierdurch wird sie als dem Karpathensandstein und übrigen Fucoiden-Sandsteinen der Alpenkette angehörig bezeichnet, und gehört also entweder dem Neocomien oder dem älteren Grünsand an. Diese Bildung, die man in Schonen und dem eigentlichen Dänemark noch nicht entdeckt hat, wird von dem ihr folgenden jüngeren Grünsande dadurch scharf abgeschnitten, dafs die Fucoiden-Kohlenformation unter grofsen Winkeln (50° bis 70°) gegen das nahe gelegene Urgebirge einschiefst, während der jüngere Grünsand unter einem Winkel, der 10° nicht übersteigt, von dem Urgebirge abfällt.

Der jüngere Grünsand findet sich auf Bornholm an der Südwestküste und in Schonen unter den von Nilson bekannt gemachten Verhältnissen; er besteht zum Theil aus sandigen, zum Theil aus mergeligen Gliedern, deren Versteinerungen in beiden Ländern übereinstimmen, und grofsentheils von Nilson beschrieben sind. Dem Grünsande folgt auf Bornholm in regelmäfsiger Entwicklung und unveränderter Lagerungsfolge der Mergelkalk von Arnager, dem sächsischen Pläner in der Gesteinsentwicklung bis zum Verwechseln ähnlich. In Schonen findet sich noch in losgerissenen einzelnen Partien unmittelbar dem Urgebirge aufgelagert ein Kalkstein, der blofs aus Bruchstücken von Schaalen und Corallen besteht, und wahrscheinlich dem jüngeren Grünsande zuzurechnen seyn möchte.

Ganz neulich, in diesem Winter, bin ich so glücklich gewesen, in der Nähe von Kjöge auf Seeland eine Partie Grünsand zu entdecken, welche höchst wahrscheinlich diesem Theile der Kreideformation angehört. Das Vorkommen der lockeren Schichten dieser Bildung erklärt den tiefen Einschnitt des Kjöger Meerbusens zwischen dem festen Saltholmskalk von Amack und den

feuersteinreichen Lagern von Stevns Klint. Derselben Bildung gehören auch die sehr wasserreichen Quellen von Bröndkilde, Rothschild (Hrvars Quelle), Svinninge und Vindekilde an, welche Alle in einer von SO. nach NW. streichenden Linie liegen.

Im südwestlichen Theile von Schonen, auf der Insel Saltholm im Sunde, unter Kopenhagen und im Jüttland in der Gegend von Greenaae, findet sich eine Kalksteinzone, welche man an losen Bruchstücken und Riffen im Kattegat zwischen den feststehenden eben genannten Punkten verfolgen kann. Dieser Kalkstein, der rein und fest ist, liegt, seiner geographischen Lage nach, wahrscheinlich unter der weifsen Kreide; doch hat man ihn bis jetzt nirgends in Verbindung mit irgend einem anderen Gliede der Kreideformation gefunden. Seine Versteinerungen zeugen, dafs er der Kreideformation angehört.

Die weifse Kreide bildet im südlichen Seeland und auf Möen eine grofse Partie, in welcher die Kreide von Stevens Klint unter einem sehr geringen Winkel gegen Südwest einschliefst, während die Kreide von Möen im höchsten Grade unregelmäfsig gehoben und mit den Schichten der späteren Geschiebeformation zusammengeworfen ist. Die zweite Hauptpartie der weifsen Kreide zieht sich vom Mariagerfjord über den Liimfjord bis an's Westmeer. Von dieser Kreidepartie ist der südöstliche Theil am Mariagerfjord und östlichen Liimfjord regelmäfsig gelagert mit horizontalen Feuersteinschichten, während der nordwestliche Theil am westlichen Liimfjord und an der Nordsee höchst unregelmäfsig gehoben, und wie auf Möen mit den Bildungen der Geschiebeformation zusammengeworfen ist. In diesem nördlichsten Theile der Kreidebildung kommen unzählige Erdfälle vor, und der im Bezirk derselben gelegene Norrsee wurde vor einigen Jahren durch einen im Grunde derselben entstandenen Erdfall vollkommen ausgeleert, ohne dafs man den un-

terirdischen Abflufs des Wassers verfolgen konnte. Die ganze Gegend mufs von unterirdischen Kanälen durchzogen seyn, und die Landleute leiten die Abzugsgräben ihrer Felder in die trichterförmigen Vertiefungen der Erdfälle, wo das Wasser selbst nach Wolkenbrüchen und dem plötzlichen Thau des Frühlings gleich verschwindet. Aufser diesen Hauptpartien kommen einzelne Punkte der Kreide im nördlichen Seeland bei Steenlöse, in Holstein bei Itzehoe vor, und zeigen in Verein mit der von Helgoland und von Lüneburg, dafs das ganze Land auf einem Kreideboden ruht, der nur hin und wieder durch locale Hebungen an die Oberfläche gebracht ist.

In dem Kliff vom Stevens Klint sieht man die Folge der neueren Bildungen der Kreideformation sehr deutlich. Auf der weifsen Kreide ruht eine Bildung von schiefrigem Thon, die nur wenige Zoll mächtig ist, allein im ganzen Lande sich wieder findet, wo man die Auflagerung der späteren Kreidebildungen beobachten kann. Sie zeichnet sich durch eine grofse Menge von Bruchstükken von Fischen aus, welche indessen bis jetzt noch nicht in einem Zustande gefunden sind, der ihre nähere Bestimmung erlaubte. Auf dieses Thonlager folgt ein Kalkstein, der hier nur ein bis zwei Fufs mächtig ist, dagegen in dem einige Meilen davon gelegenen Hügel von Faxöe eine Mächtigkeit von wenigstens 40 Fufs erreicht und als vollkommen ausgebildetes Corallenriff erscheint. Auch diese Bildung in der Form als schwaches Lager findet sich in der Kreide des nordwestlichen Jüttlands wieder.

In Stevens Klint ruht auf dieser Schicht ein Kalkstein, der in Form eines Sandsteins fast ausschliefslich aus Bruchstücken von Corallen, so wie aus Bruchstücken und wohl erhaltenen Individuen von anderen Versteinerungen der Kreide besteht. Die Schichtung dieses Gesteins, welches in Jüttland »Liimsteen« genannt wird, und welches ich mit dem Namen *Corallkreide* bezeichnen

möchte, ist gänzlich abweichend von der Schichtung der älteren Bildungen unserer Kreideformation, indem die einzelnen Schichten wellenförmig durch die ganze Mächtigkeit der Bildung hindurch gehen, so dafs dieselbe ununterbrochene Schicht an einem Orte die oberste, und an einem anderen, nicht weit entfernten, die unterste ist. — Diese Schichtungsverhältnisse kommen an unserer Küste wieder vor, in den vom hohen Wellenschlage gebildeten Massen, und offenbar sind auch diese Schichten unter hohem Wellenschlage abgesetzt.

Auf der Fig. 10 Taf. III, die einen kleinen Theil des Kliffs von Stevens Klint darstellt, ist:

a herabgefallene Massen,

b die weifse Kreide mit mächtigen, fast horizontalen Schichten von Feuerstein-Nieren *c*,

d die Thonschicht und der Faxöe-Kalk,

e die Corallkreide mit gebogenen Lagern von zusammenhängendem Feuerstein,

f ein Conglomerat aus grofsen scharfkantigen Stükken Corallkreide und Feuerstein, verbunden durch Kalksinter.

Da hier unter keiner Bedingung an Schichten zu denken ist, die ihre Neigung einer Hebung oder Senkung verdanken, so wird man schwerlich eine andere Erklärung dieser Schichtungsverhältnisse geben können. Ueberall, wo die Schichten dieser zerstörten Corallkreide vorkommen, haben sie dieselbe Form und Verhältnisse. Aufser Stevens Klint finden sie sich noch im westlichen Seeland und östlichen Fühnen; sie bilden mit denselben gebogenen Schichten den Kliff von Sangstrup und Carlebye bei Greenaae im östlichen Jüttland, und ziehen sich von dort quer durch das Land in nordwestlicher Richtung, bis sie nördlich vom Liimfjord das Meer in der Westerhanharde erreichen. Diese Verhältnisse, wonach sich diese Lager zerstörter Corallenriffe, dem noch unzerstörten Corallenriff von Faxöe entsprechend, parallel mit

der schwedischen und norwegischen Küste, und also parallel mit der südwestlichen Gränze des scandinavischen Urgebirges hinziehen, sind merkwürdig. Sie deuten nämlich auf eine zerstörte, dem Urgebirge parallele Reihe von Corallenriffen hin, deren zermalmte Ueberreste unter stark bewegtem Meere in einiger Entfernung abgesetzt sind. Diese Ansicht wird noch wahrscheinlicher durch eine mit dem Liimsteen gleichzeitige Bildung, die im Südwesten von der Liimsteenkette eine damit parallele Zone bildet. Dieser Kalkstein gleicht der Kreide, er färbt ab, aber schreibt nicht; er enthält selten Versteinerungen, und ist, wenn auch nicht horizontal, doch bei weitem nicht so stark wellenförmig, als der Liimsteen, und schiebt sich zuweilen zwischen der weißen Kreide und dem Liimsteen ein. Ich betrachte ihn als aus den feineren abgeschwemmten Theilen der Corallenriffe gebildet, und in einer größeren Entfernung von dem Punkte abgesetzt, wo die Corallenriffe zerstört wurden. Er verhält sich zum Liimsteen, wie die Marsch an unserer Westküste sich zu dem sandigen Strande verhält. Er ist klar, daſs diese Bewegung vom scandinavischen Urgebirge ausging, und daſs dieselbe unterirdische Kraft, welche die Bildung der Corallenriffe veranlaſste, in einem anderen Stadium, auch ihre Zerstörung bewirkte.

Der Zusammenhang der Corallenriffe, mit vulkanischen Erscheinungen im Weltmeere ist bekannt, und wenn sie auch zum Theil auf der Hebung des Bodens beruht, so scheint sie mir auf der anderen Seite nur dadurch verstanden werden zu können, daſs man auf die, durch die Vulkane veranlaſste mächtige Entwicklung von Kohlensäure und dadurch veranlaſste Auflösung von kohlensaurem Kalk Rücksicht nimmt. Ohne diese Wirkung würden die Corallenthiere den zu ihren Bauten nothwendigen Kalk nicht vorfinden. Ich nehme also an, daſs die Kräfte, welche Scandinavien hoben, sich zuerst durch Entwicklung von Kohlensäure Luft machten, und so das

Material für die Corallenbänke lieferten. Späterhin steigerten diese Wirkungen sich so, dafs das Urgebirge selbst sich hob, und die dadurch veranlafste Wellenbewegung zerstörte die Corallenriffe und setzte die gröberen Bruchstücke der Corallen bei hohem Wellenschlage als Liimsteen, die feineren in gröfserer Entfernung von dem sich hebenden Urgebirge als jüngere Kreide ab. Es ist diefs die erste Wirkung, welche das scandinavische Urgebirge auf die Ausfüllung des Meeresgrundes aus dem später Dänemark sich erhob, ausübte. Gerölle scandinavischer Urgebirge finden sich nicht im Liimsteen, und nur äufserst selten beobachtet man einige gröfsere abgeschliffene Sandkörner und kleine Steinchen.

Die nächste Bildung, welche einen viel gröfseren Theil des Bodens von Dänemark einnimmt, ist eine mächtige Braunkohlenformation, von der drei grofse Partien in Dänemark vorkommen. Die eine am weitesten vom Urgebirge entfernte und am regelmäfsigsten gelagerte Bildung zieht sich vom Nissumfjord, etwas südlich vom Liimfjord, auf dem Rücken des Landes und an der Westküste bis an die Elbe; sie findet sich wieder durch den Gyps gehoben bei Lüneburg, und bildet ohne Zweifel einen grofsen Theil der Lüneburger Heide. Das oberste Lager besteht aus einem eisenhaltigen Sande und losem Sandsteine, unter diesem Gestein folgen mächtige Thon- und Mergellager, zuweilen mit untergeordnetem festen mergeligen Kalksteine. Alaunerde kommt sehr häufig vor, und an einzelnen Orten ein schneeweifser Sand mit eingemengtem weifsen glimmerreichen Thone. An einer Stelle, in der Mitte von Jütland bei Them, finden sich Braunkohlenlager im Sande. Die grofse Häufigkeit der Braunkohlen in dieser Formation wird aber dadurch bewiesen, dafs das Westmeer auf der ganzen Strecke vom Liimfjord bis an die Elbe überall Braunkohle aufwirft. — Es ist keinem Zweifel unterworfen, dafs auch der Bernstein dieser Formation angehört; wo die Wellen

Braunkohle an's Land werfen, wird auch Bernstein angespühlt, und diefs in so bedeutender Menge, dafs man den jährlichen Ertrag auf gegen 3000 Pfund anschlagen darf. An sehr vielen Orten führt der Thon und Kalkstein, zuweilen auch der Sandstein dieser Formation Versteinerungen, und bezeichnet die ganze Formation dadurch als der Subappeninen-Bildung angehörig. Die wichtigsten derselben sind *Cassis testa*, *Cassidaria Echinophora*, *Nucula comta*, *Nucula glaberrima*, *Fusus corneus*, *Pleurotoma Cataphracta*, *Dentalium striatum*, *Trochus agglutinans*, *Tritton anus*, *Rostellaria*, der *Pes Pelicani* sehr ähnlich. *Isokardia Cor* der Subappenin-Formation, und eine andere *Isokardia*, die davon verschieden zu seyn scheint. Es finden sich ferner Krabben mit Balanen bewachsen, und Bruchstücke von Knochen und Wirbelbeine von *Cetaceen*. Im Ganzen sind jedoch die Versteinerungen nicht sehr häufig, und kommen besonders zusammengedrängt an der südöstlichen Seite der Insel Sylt vor. Auf dieser Insel finden sich die früher genannten einzelnen Glieder der Formation gehoben durch eine, der Hebungslinie der Insel Helgoland entsprechenden Hebung, und streichen NNW. und SSO., während sie unter einem Winkel, der von 80° bis 15° abnimmt, gegen Osten fallen. Diese ganze westliche Partie führt nur kleine Geschiebe, und so gut wie ausschliefsend nur versteckt körnige Sandsteine, sogenannten Quarzfels, wie sie so häufig im scandinavischen Uebergangsgebirge vorkommen. Aufserdem findet sich Feuerstein.

Ganz anders sind die Verhältnisse an den Küsten des Kattegats. Auf der Insel Seeland zeigt das nordwestliche Vorgebirge Refsnaes diese Bildung, sie kommt an der nordwestlichen Seite der Insel Fühnen zu Stauerhoved und Hindsgavl, auf der nordöstlichen Seite des Herzogthums Schleswig und der östlichen Seite von Jüttland bis an die Föhrde vom Horsens; ferner auf der Insel Sam-

Samsóe, also an der südwestlichen Küste des Kattegats vor. Die sandigen Glieder der Formation fehlen hier gänzlich, und die Bildung besteht besonders aus Thon, zum Theil feinschiefriger, von blauen, grünen und rothen Farben, zum Theil schwarzer und brauner glimmerreicher Thon, der in vollkommene Alaunerde mit vielem eingemengten Schwefeleisen übergeht. — Untergeordnet finden sich Kalksteine, und hin und wieder nierenförmiger, strahliger Schwerspath, dem Bologneserspath täuschend ähnlich, und nicht selten die Versteinerungsmasse von Corallen bildend. Kohlensaures Eisen und dichter Braunspath kommen gleichfalls vor, so wie viele Trümmer von Arragonit die festen Schichten durchsetzen. Die Schichten dieser Bildung sind mannichfaltig gehoben, aber immer durch locale Hebungen, so dafs kein gemeinschaftliches Gesetz der Schichtenstörung entdeckt werden kann. Am merkwürdigsten sind vielleicht in dieser Rücksicht die Schichten von Stauerhoved, wo dem schwarzen, glimmerreichen Thon viele Geschiebe des scandinavischen Urgebirges von der Gröfse mehrerer Kubikfufs regelmäfsig eingelagert sind, und wo das ganze Schichtensystem unter einem Winkel von 80° gegen NO. einschiefst. Ganz in der Nähe dieses Conglomerats finden sich Versteinerungen in einem grünlichen Sande, unter andern habe ich *Pectunculus polyodonta* darin gefunden.

Die Fig. 11 Taf. III (wo *aa* schwarzer glimmerreicher Thon mit Geschieben; *b* ein Gang, der den Thon durchschneidet; *c* herabgefallene Massen; *d* Oberfläche) zeigt diese merkwürdigen Verhältnisse, welche es über jeden Zweifel erheben, dafs in der Braunkohlenbildung schon Geschiebe scandinavischer Gesteinarten vorkommen. Eben so deutlich wird es durch eine Betrachtung der Verhältnisse auf Bjórnsknude, einem Vorgebirge nördlich von der Veilerföhrde, wo ein durch eisenhaltigen Sand schwach verbundenes Lager von Geschieben scandinavischer Urgebirge, durch einige Mittelglieder getrennt,

von einem Lager glimmerreichen Thons bedeckt ist, der voller Versteinerungen von *Nucula comta* und *Pleurotoma oblonga* ist.

Ich gebe noch ein Beispiel von den Schichtungsverhältnissen dieser interessanten Bildung, welches aus der Gegend von Fredericia ist. Der feinschiefrige Thon ist hier durchaus blumenkohlartig gebogen, wie man es wohl zuweilen beim Gneuse beobachtet. Der kleine Hügel ist von einer späteren Bildung, dem Geschiebe-Thon, bedeckt, welcher keine Veränderung scheint erlitten zu haben und daher jünger ist. Auf der ganzen Strecke von vielen Meilen, auf der diese wunderbare Bildung vorkommt, ist noch niemals ein horizontales Lager entdeckt, wodurch die gewaltsamen plutonischen Störungen, welche diese Gegenden getroffen haben, hinreichend angezeigt werden. Ueberall, wo diese Bildung mit dem Geschiebe-Sande, dem letzten Gliede unserer Geschiebe-Formation, zusammentrifft, liegt dieser Geschiebe-Sand abweichend und übergreifend auf den Lagern der Braunkohlenformation. Die gewaltsamen Hebungen müssen also zwischen der Zeit der Braunkohlenformation und des Geschiebe-Sandes eingetreten seyn. Es verdient noch bemerkt zu werden, dafs das Verhältnifs der Anzahl der Gesteine der Kreideformation immer sehr geringe ist; so war dieses Verhältnifs in der Braunkohlenformation des nördlichen Fühnens 58 Proc. Urgebirgsgestein, 24 Proc. Uebergangsgestein und 18 Proc. Kreidegestein. — An einer andern Stelle 50 Proc. Urgebirge, 33 Proc. Uebergangsgebirge und 17 Proc. Kreidegestein. Bei Björnsknude 47 Proc. Urgebirge, 28 Proc. Uebergangsgebirge und 25 Proc. Kreidegestein. Diefs ist sehr merkwürdig, da die Braunkohlenbildung die Kreide unmittelbar bedeckt, und man daher vermuthen möchte, dafs sie viele Bruchstücke des darunterliegenden Gesteins aufgenommen haben könnte. Die jüngere Bildung des Geschiebe-Thons enthält dagegen sehr selten unter 50 Proc.

Kreidegestein. Es verdient ferner Beachtung, dafs nur der Theil der Braunkohlenformation, welcher dem südwestlichen Rande der scandinavischen Urgebirge zugewandt ist, diese Geschiebe führt, so wie es noch nicht ohne Bedeutung ist, dafs, während das ganze westliche Braunkohlensystem in Jüttland kein einziges Individuum von Pecten enthält, diese in dem Kattegatsysteme häufig vorkommen, während *Nucula lavigata*, *Nucula comta* und *Pleurotoma oblonga* beiden angehören, und ihre Uebereinstimmung, mit Rücksicht auf die Bildungszeit, zu beweisen scheinen. Die Ursache dieser Eigenthümlichkeit, dafs das Genus Pecten dort fehlt, möchte vielleicht in Verbindung stehen mit dem häufigen Vorkommen des Bernsteins und der Braunkohle, und der Grund darin zu suchen seyn, dafs die westliche Bildung an dem flachen Ufer eines aus Sandstein gebildeten Landes vorging, während die Braunkohlenformation des Kattegats in dem tiefen, vom Urgebirge begränzten Meere stattfand.

Das dritte System der Braunkohlenformation findet sich auf den Inseln Mors und Fuur im Liimfjord, so wie an den Küsten desselben in Thye, Hannäs und Salling. Die Schichten dieser Partie bestehen aus schwarzem Thon und einem schwarzen losen Sandsteine mit untergeordneten Lagern von einem schwarzen Kalksteine, einem sehr mächtigen Lager von weifsem, leichtem Infusorienkiesel mit untergeordneten Lagern eines eisenhaltigen Kalksteins, und endlich als oberstes Lager einen gelben Sandstein und Conglomerat. Die Schichtung dieser Massen ist im höchsten Grade verwirrt, und namentlich ziehen sich die Kalksteinschichten des Infusorienkiesels in den wunderlichsten zickzackförmigen Linien in den Kliffs auf und ab, so dafs es sich schwerlich bestimmen läfst, ob die enorme Mächtigkeit dieser Infusorienlager von 40 bis 50 Fufs ursprünglich oder durch spätere Störungen verändert ist. Das Letztere ist weniger wahrscheinlich,

da der gelbe Sandstein, das oberste Lager, regelmäfsig zu liegen scheint.

Diese Formation ist eine Süfswasserbildung, sie enthält Insecten, Bruchstücke von Fischen aus der Familie des Lachses, und eine grofse Menge einer kleinen Süfswasserschnecke vom Geschlecht *Spirorbis*. Die Verbindung dieser ausgebreiteten Bildung mit der Salzwasserformation des westlichen Jüttlands zeigt sich an mehreren Orten; so kommt auf der Insel Mors ein Lager von Braunkohlenthon mit *Cassidaria Echinophora*, und im schwarzen Kalkstein von Thye kommt *Nucula glaberrima* zuweilen vor. Geschiebe finden sich in dieser Partie der Braunkohlenbildung nur im obersten Lager, dem gelben Sandsteine, und auch dort sind sie von geringer Bedeutung.

Die nächste grofse Abtheilung der Geschiebebildungen unseres Landes habe ich mit dem Namen Geschiebe-Thon bezeichnet. Sie besteht aus Lagern von gelbem und blauem Thon, von Mergeln und Sand, und durch diese ganze Masse sind Geschiebe von der Gröfse mehrerer Hundert Kubikfufs bis zum feinen Sandkorn vertheilt. Man kennt diese Bildung bis zu einer Tiefe von mehreren Hundert Fufs, und durch ihre ganze Masse sind die Geschiebe vertheilt. Ich mufs es hier wiederholen: die losen Blöcke oder Geschiebe sind kein Phänomen der Oberfläche, sondern finden sich in allen Tiefen dieser Formation verbreitet, und wenn die Geschiebe häufiger an der Oberfläche vorkommen, so ist diefs kein ursprüngliches Phänomen, sondern dadurch veranlafst, dafs die feineren Theile bei einer späteren Wasserbedeckung weggeschwemmt sind, und auf diese Weise die gröfseren Blöcke, welche der Bewegung widerstanden, angesammelt wurden.

Die Fig. 13 Taf. III gegebene Zeichnung des Kliffs von Visborg auf der Insel Samsöe zeigt diefs Verhältnifs deutlich, indem dasselbe Phänomen sich vier Mal wiederholt hat. Der gelbe und blaue Thon mit Geschieben ist sehr selten geschichtet, hin und wieder kommt ein schiefriger Thon ohne Blöcke vor, während der Sand

in der Regel Schichtung zeigt; doch fehlt es nicht an Sandlagern, worin man keine Spur von Schichtung entdeckt. Die Unregelmäfsigkeit in den inneren Schichtungsverhältnissen giebt sich nun auch im Aeufsern zu erkennen, und diese Formation bildet überall ein hügliches coupirtes Terrain, dessen Hervorragungen aber keine Ketten bilden, sondern runde Hügel mit muldenförmigen Thälern, deren fruchtbarer Boden für Kornbau und Weide sehr geeignet ist, und dessen nicht ausgedehnte, aber dennoch häufige Waldpartien fast ausschliefslich aus Buchen bestehen. Der südliche Theil der Insel Seeland, fast die ganze Insel Fühnen, so wie die kleineren dänischen Ostsee-Inseln, mit Ausnahme von Bornholm und die Ostküste der Halbinsel von Randers bis nach Lübeck, bestehen aus dieser Bildung, welche auch noch in den übrigen Theilen des Landes hin und wieder flekkenweise vorkommt. Im Herzogthum Schleswig trifft diese Bildung so mit der Braunkohlenformation zusammen, dafs man keine feste Gränze ziehen kann, und ich möchte daher behaupten, dafs der älteste Theil dieser Bildung noch zur Subappeninformation gerechnet werden müsse. Dagegen findet sich gleichfalls im Herzogthum Schleswig, so wie auf den Inseln Alsen, Aröe und Langeland ein blauer Thon, bald mit, bald ohne Geschiebe, welcher Versteinerungen einer späten Zeit in grofser Menge enthält. Diese Versteinerungen sind *Cyprina islandica, Corbula nucleus* und Wirbel von Fischen. Die *Cyprina islandica* kommt, dem Anscheine nach, in vollkommen erhaltenen Exemplaren in dem blauen Thone vor; versucht man aber sie herauszunehmen, so zerfallen sie in viele Stücke, und man beobachtet, dafs sie alle an Ort und Stelle, nachdem sie im blauen Thone eingehüllt sind, zerbrochen worden. Alle Lager, welche diese Versteinerungen enthalten, sind geneigt, zuweilen unter grofsen Winkeln, und ohne Zweifel ist es die Hebung der Schichten, welche das Zersplittern der dicken Schaalen veranlafst hat. Häufig wechselt Thon mit *Cyprina* mit

andern Thonlagern, die keine Muscheln enthalten, wie in einer Ziegelthongrube bei Apenrade im Herzogthum Schleswig.

Fig. 14 Taf. III (worin *a* Sand; *b* Sand und Geschiebe; *c* Ziegelthon ohne Versteinerungen; *d* Ziegelthon mit *Cyprina islandica*). Der Fall dieser Schichten ist sehr verschieden, sowohl mit Rücksicht auf die Himmelsgegend, als die Gröfse des Winkels. Die Schichten bei Apenrade fielen 75° gegen NW. Schichten auf der Insel Aröe fielen 10° gegen SSO., und noch viele andere Richtungen der Schichten finden sich, ohne dafs ich im Stande gewesen bin, irgend ein Gesetz der Hebung zu entdecken. Am Ufer der Flensburger Föhrde kommen dieselben Schichten des blauen mergeligen Thons ohne Steine und ohne Versteinerungen in einem horizontalen Lager vor, und bilden jene mächtigen Lager von blauem Ziegelthon, die in den zahlreichen Fabriken von Eckernsunde und Renberg zu Mauersteinen und andern ähnlichen Producten verarbeitet werden. Enthielten auch diese Schichten *cyprina islandica*, so wären sie unbrauchbar für ihren Zweck; denn die dicken Schlösser der Muscheln sprengen den Mauerstein, wenn sie sich nach dem Brennen mit Wasser aus der Atmosphäre sättigen. Die versteinerungsführenden Schichten geben bei dem Ausgraben einen so unangenehmen Geruch, dafs das Wegräumen desselben mit grofsen Kosten für den Besitzer der Ziegelei verbunden ist, da die Arbeiter sich weigern die Arbeit vorzunehmen. Tiefe Brunnen in diese Lager hinabgetrieben leiden häufig an plötzlichen Ausbrüchen von Kohlensäure. Durch einen solchen Ausbruch verloren im Frühling 1841, wenige Tage vor der Erderschütterung in Jüttland, drei Menschen ihr Leben in einem 100 Fufs tiefen Brunnen, den sie am Abend vorher mit guter Luft verlassen hatten. Die Kohlensäure hielt sich vom April bis im August in diesem Brunnen, und ebbte und fluthete im umgekehr-

ten Sinne des Barometers, so dafs die Kohlensäure stieg, wenn das Barometer sank.

Sehr wichtig ist die Vertheilung der Geschiebe in der Geschiebethon-Bildung. Ueberall kommen Blöcke von mehreren Kubikfufs vor, doch nirgends so grofs, als der Dammstein im Gute Hesselager an der Ostküste von Fühnen, der, als ich ihn im Jahre 1840 aufmafs, 11 Fufs Höhe und 105 Fufs im Umkreis hatte. Seit der Zeit ist er, nachdem der Gutsbesitzer auf sein Anrecht verzichtet hatte, auf Veranstaltung Sr. Majestät des Königs unter den Schutz der Regierung gestellt, und um etwa 10 Fufs tiefer ausgegraben, wobei man fand, dafs sein Umkreis sich noch immer mehr erweiterte. Alle grofse Blöcke bestehen aus Granit, granitischem Gneus, Porphyr, Syenit, Grünstein und Quarzfels. Bei den Blöcken, die einen Kubikfufs und weniger ausmachen, fangen Feuersteine und die harten Kalksteine der Kreideformation an, deren Menge bei verminderter Gröfse der Geschiebe immer zunimmt. Um das Verhältnifs der Geschiebe der verschiedenen Formationen an verschiedenen Orten vergleichen zu können, wählte ich eine mittlere Gröfse zwischen einer und zwei geballten Händen, und habe nun in den verschiedenen Landestheilen mehrere Hunderte von Aufzählungen gemacht, die zu überraschenden Resultaten geführt haben.

In der Verbindungslinie zwischen dem Kalk von Saltholm und dem ganz ähnlichen Kalksteine, der in der Gegend von Greenaae in Jüttland feststeht, sind die Geschiebe dieses Saltholmskalks so häufig, dafs jährlich über 20,000 Tonnen Kalk von dem aus den Geschieben ausgesammelten Kalksteine gebrannt werden. So wie man den angegebenen Strich verläfst, werden die Gerölle von Saltholmskalk selten, und verschwinden bald gänzlich, so dafs, da man annehmen mufs, dafs dasselbe Gestein sich in dieser Richtung in der Tiefe fortsetzt, die losen Blöcke nur wenig von ihrem ursprünglichen Fundorte

entfernt worden sind. Auf der Insel Langeland, besonders auf ihrem südlichen Theile, bilden die Gesteine der Uebergangsformation im Durchschnitt 35 bis 45 Proc. der Gerölle von der angegebenen Gröfse, und diese überwiegende Menge von Uebergangsgestein setzt sich bis in's südöstliche Holstein fort. Gegen Norden von dieser von NO. nach SW. ziehenden Linie nehmen sie schnell ab, und betragen im südlichen Fühnen kaum 20 Proc. Weiter gegen Norden ist ihr Verhältnifs noch geringer. Die Uebergangsgesteine, die hier vorkommen, sind besonders Uebergangskalk, Uebergangssandstein, Schiefer und Grünstein. In der Fortsetzung dieser Linie gegen NO. liegen die feststehenden Uebergangspartien von Bornholm, wo sie auf beiden Seiten des Urgebirges vorkommen, von Cimbrisham, Oeland, Gothland, Oesel, Dagöe und die mächtige Uebergangsformation an der Südseite des finnischen Meerbusens und des Ladoga-Sees.

In dem mittleren und nördlichen Seeland, in einem Theile von Fühnen und dem nördlichen Theile von Jüttland, betragen die Gesteine der Kreideformation im Durchschnitt 50 Proc. An einigen Orten aber steigen sie bis zu 70 Proc., und an zwei Stellen ist es mir schon gelungen, nach der Anzeige dieser losen Gesteine das feststehende Kreidegebirge an Orten zu finden, wo man es früher nicht gekannt hatte. An den westlichen Ufern des Liimfjords nehmen die Uebergangsgebirgsarten wieder an Menge zu, und steigen bis 40 Proc. und darüber, sind aber hier besonders Porphyre, Syenite und Uebergangssandsteine, so dafs der vom Liimfjord aufgeworfene Strandwall bei Oddesund nur aus gerollten Porphyrstükken besteht. Sie entsprechen offenbar den Uebergangsgesteinen des nördlich davon gelegenen Christianiasystems.

Geht man vom Liimfjord im westlichen Theile von Jüttland gegen Süden im Bezirke der Braunkohlenbildung, so verschwinden nach und nach die Porphyre, wogegen die Uebergangssandsteine so sehr zunehmen, dafs sie in

der Gegend von Warde 76 Proc. der Gerölle ausmachen, während das Kreidegestein zum Theil ganz verschwindet, zum Theil auf wenige Procent reducirt wird. Im westlichen Theil des Herzogthums Schleswig nehmen die Gesteine des Uebergangsgebirges sehr schnell ab, während die Kreidegesteine wieder zunehmen, und in der Mitte von Holstein, bei Itzehoe, geht die Kreide wieder zu Tage aus.

Betrachten wir diese Verhältnisse näher, so finden wir, dafs die Kreidegesteine und der Kalk, der überaus mächtigen Mergellager dieser Formation, nicht von der scandinavischen Halbinsel zu uns herüber geschwemmt seyn können, sondern aus dem eigenen Boden des Landes aufgebrochen sind [1]). Sie können nicht einmal weit von der Stelle getrieben seyn, wo sie ursprünglich fest anstanden, wie die Blöcke von Saltholmskalk im nördlichen Seeland, und die überwiegende Menge von Kreidegestein an den Orten beweisen, wo die Kreide sich der Oberfläche nähert. Von diesem Aufbrechen des Bodens, diesen unzählichen Localhebungen, die besonders nach der Bildung der Braunkohle und vor dem Absetzen des Geschiebesandes stattgefunden, haben wir schon viele Beispiele angeführt, und könnten noch eine ganze Reihe mehr nennen. Diese gewaltsamen plutonischen Störungen fallen also gerade in die Zeit des Geschiebethons, der unter allen unsern Abtheilungen der Geschiebeformation am reichsten an grofsen Blöcken ist. Es ist demnach höchst wahrscheinlich, dafs diese Geschiebe des Urgebirges nicht von Schweden zu uns hinabgeschwemmt sind, sondern aus dem in der Tiefe unter unserm eignen Boden sich findenden festen Granit durch plutoni-

1) Es zeigt sich diefs besonders deutlich im nördlichen Seeland, wo die Geschiebe der Kreideformation sehr schnell abnehmen, wenn man von Süden nach Norden geht. Nördlich von Helsingöer, wo man über der Streichungslinie der Kreide hinaus ist, machen die Kreidegesteine nur 2 bis 3 Procent aller Gesteine von der angegebenen Gröfse aus.

sche Hebungen losgebrochen und herauf geworfen sind. Dieses Resultat wird noch wahrscheinlicher, wenn man bedenkt, auf welche Weise die scandinavischen Granitketten des südlichen Schwedens unter den jüngeren Bildungen verschwinden. Die zusammenhängende Granit-Gneus-Masse von Smaaland und Blecking ist schon hin und wieder in ihrem südlichen Theile von kleinen Kreidepartbien bedeckt, und verschwindet weiter gegen SW. gänzlich unter dem Geschiebethon. Darauf hebt sich wieder die Granit-Gneus-Kette des Kullens hervor; allein in ihrer Fortsetzung gegen SO. bis Steenshufwud erleidet sie mannichfaltige Unterbrechungen, so dafs sie mehr als eine Inselkette erscheint. Noch ein Mal erhebt sich eine damit parallele Granit-Gneus-Kette weiter im SW. wieder zu einem geringeren Niveau, die Kette von Rommeleklint. Ist es nun nicht im höchsten Grade wahrscheinlich, dafs noch ganze Systeme von parallelen Ketten mit geringerem Niveau sich unter den jüngeren Schichten der Formationen des eigentlichen Dänemarks hinziehen? Es verdient ferner Aufmerksamkeit, dafs der Geschiebethon mit seinen mächtigen Blöcken nur in dem östlichen Theile des Landes in einiger Bedeutung in Verbindung mit der Braunkohlenformation auftritt, gerade da, wo die Schichten dieser Braunkohlenformation häufig senkrecht aufgerichtet sind, und selten einen geringeren Winkel als 45° machen, während das ausgebreitete Braunkohlensystem des westlichen Jüttlands mit seinen in der Regel horizontalen Schichten nur selten, und dann auch nur fleckweise von Geschiebethon bedeckt wird. Hierzu kommt noch, dafs an dem einzigen Orte, wo wir im westlichen Systeme bedeutende aufgerichtete Schichten der Braunkohlenformation kennen, auf der Insel Sylt, diese wieder mit einer mächtigen Formation des Geschiebethons verbunden sind, so dafs es deutlich hervorzutreten scheint, dafs es gerade die Bildung des Geschiebethons ist, welche die Braunkohlenschichten in ihrer

horizontalen Lage gestört hat. Es scheint mir, mit Rücksicht auf diese Ansicht, nicht ohne Bedeutung zu seyn, dafs der Geschiebethon von Sylt so viele Bruchstücke von wahrer Lava enthält, dafs die Landleute auf der Insel darauf aufmerksam geworden sind, und sie mit dem Namen »Bimsstein« bezeichnen. — Geht man von dieser Ansicht aus, so bekommt das häufige Vorkommen von kalkigem und schiefrigem Uebergangsgestein auf der Insel Langeland, der Insel Fehmern und dem südöstlichen Holstein, wo in der Gegend von Segeberg und Oldeslohe grofse Blöcke von Uebergangskalk in einer solchen Menge vorkommen, dafs man schon mehrere Male Bohrversuche angestellt hat, um das feste Flötz, woraus man diese Kalksteine ableitete, zu finden, eine grofse Bedeutung. Dann erscheinen sie als die losgebrochenen Stücke einer unmittelbaren Fortsetzung des grofsen silurischen Systems, welches wir vom Ladoga-See bis nach Bornholm verfolgen können.

Die letzte Abtheilung unserer Geschiebeformation besteht aus Sand, Grus und Geröllen; ich nenne sie daher *Geschiebe-Sandformation.* Zuweilen ist der Sand thonig; eigentliche Thonlager habe ich in der Formation selbst nicht beobachtet, dagegen kommt hin und wieder als letztes Glied der Bildung ein brauner Thon ohne Kalk vor, der letzte Niederschlag, so zu sagen, nachdem das stürmisch bewegte Meer völlig beruhigt wurde. Diese Bildung ist immer geschichtet. Die Schichten häufig stark aufgerichtet, gebogen, schnell abgebrochen, kurz gesagt, es sind dieselben Schichten, wie das stürmisch bewegte Meer sie noch an unsern Küsten absetzt. Das Oberflächenverhältnifs dieser Bildung ist sehr verschieden. Bald bildet sie vollkommene Hügelketten nach beiden Seiten stark geneigt, in jeder Rücksicht den schwedischen Åsar vollkommen ähnlich. Solche Ketten finden sich auf Seeland zwischen Lystrup und Herlóv, zwischen Nestved und Mogenstrup, im nördlichen Fühnen, im öst-

lichen Schleswig. Sie haben ihr sich noch immer fortbildendes Analogon in den sogenannten *Revler* an der Westküste von Jüttland, jenen kettenförmigen Bänken von Sand und Steinen, welche parallel mit einander nur wenige Fufs unter der Oberfläche des Meeres durch tiefes Wasser von einander getrennt sind. Die zweite Form, worunter diese Bildung vorkommt, ist ein hügliches, sandiges Land ohne bestimmte Richtung der häufig abgebrochenen kleinen Hügelzüge. So findet sie sich im nördlichen Seeland und im nördlichen Jüttland, besonders zwischen dem Mariagerfjord und Liimfjord. Eine dritte Form findet sich auf den Vorgebirgen am Kattegat und der Insel Samsóe. Es sind hier zirkelrunde Kugelsegmente, zuweilen von der bedeutenden Höhe von einigen Hundert Fufs, neben einander abgesetzt, so dafs die Thäler nur durch den zwischen den verschiedenen Segmenten freigelassenen Raum gebildet werden. Sie geben die Form der Welle wieder, wo zwei mächtige Ströme in entgegengesetzter Richtung gegen einander anstofsen; sie finden sich nur wo der südliche Strom des grofsen Belts mit dem nördlichen des Kattegats zusammentrifft. Die vierte Form findet sich auf der ganzen Halbinsel, und besteht in einer dünnen Schicht dieser Bildung, welche über die Ebene der Braunkohlenformation ausgebreitet ist.

Sehr grofse Geschiebe finden sich in dieser Bildung nicht, und selten mögen sie zwei Kubikfufs übertreffen, dagegen sind sie immer stark abgerundet. Zuweilen sind diese Geschiebe so häufig, dafs nur die nothwendig zwischen ihnen sich findenden Zwischenräume mit Sand ausgefüllt sind; bald nimmt die Menge des Sandes zu, zuweilen finden sich nur einzelne Blöcke im Sande und Gruus zerstreut. An sehr vielen Orten, namentlich im nördlichen Seeland und dem sogenannten Himmellande, zwischen dem Mariagerfjord und Liimfjord, sind die Thäler in den tiefer liegenden Geschiebethon eingeschnitten,

und hier kann man sich vollkommen überzeugen, dafs die Geschiebe der Sandformation nur die Ueberbleibsel eines zerstörten Theils der Geschiebethon-Formation sind. Das Verhältnifs der verschiedenen Geschiebe, aufgezählt auf die früher angegebene Weise, ist nämlich durchaus dasselbe. Ich will einige dieser Aufzählungen hierher setzen.

Bei Bistrup, in der Odsharde im nordwestlichen Seeland, war das Verhältnifs im *Geschiebethon* folgendes:

Granit und Gneus	31	Proc.
Uebergangsgestein	16	-
Eisensand der Liaskohle	1	-
Kreidebildungen	52	-

im *Geschiebesande:*

Granit und Gneus	33	Proc.
Uebergangsgestein	17	-
Kreidegestein	50	-

Ebenso bei Hellebek im nordöstlichen Seeland.

Im *Geschiebesand:*

Granit und Gneus	77	Proc.
Uebergangsgestein	21	-
Kreidegestein	2	-

im *Geschiebethon:*

Granit und Gneus	74	Proc.
Uebergangsgestein	23	-
Kreidegestein	3	-

Ebenso im östlichen Fühnen.

Es folgt hieraus, dafs die Wasserströme, welche die Geschiebe-Sandbildung veranlafst haben, wenig oder gar kein Material mit sich führten, sondern nur das an Ort und Stelle vorhandene Material weiter verarbeiteten; wie auch die Bedingungen dieser Bildungen gewesen seyn mögen, so steht es dennoch fest, dafs die Geschiebe nicht weit hergebracht worden sind.

Diese Bildung führt hin und wieder Versteinerungen von Thieren, welche alle in der jetzigen Nordsee

noch lebend angetroffen werden, welche aber auch alle der Küsten-Fauna angehören. Bei Svendborg im südlichen Fühnen fand ich *Buccinum reticulatum;* bei Tarbeck, im mittleren Holstein, kommt im Geschiebesande eine Austerbank vor, mit *Ostrea edulis, Cardium edule, Littorina littoria* und *Buccinum undatum.*

Gerade so wie die Sandflächen und Sand-Hügelzüge sich in Dänemark verhalten, sind sie auch im mittleren und südlichen Schweden beschaffen. Bald mächtige horizontal geschichtete Sandflächen, die durch späteres Wegspühlen hin und wieder als Hügelketten erscheinen, wie z. B. in der Provinz Dalerne; bald als mächtige, durch Wellenschlag aufgeworfene Hügelketten, wie z. B. der grofse Ås, der von Gefle über Upsala nach Stockholm, ungefähr parallel mit der Küste des bottnischen Busens, zieht, und höchst ausgezeichnet ist durch die so bestimmte Wellenschlag-Schichtung, die darin vorkommt.

Die Fig. 15 Taf. III (worin *a* ein Thonlager mit *Mytilus edulis*, *b* Sand mit den falschen Schichten des Wellenschlags (25° O.), *c* ein horizontales Lager mit ausgespühlten kleinen Steinen, *d* Dammerde) zeigt einen Durchschnitt, wie ich ihn bei dem Irrenhause zu Upsala aufgezeichnet habe, und wozu sich an unseren Küsten hundert analoge Beispiele finden liefsen. Das Vorkommen von *Mytilus edulis* in dem Thon, worauf die geschichteten, gegen Ost sich neigenden Sandlagen ruhen, zeigt deutlich, dafs hier Meer war, als das Ås sich zu bilden anfing. Dieser Durchschnitt ist an der Ostseite der Hügelkette genommen; an der Westseite, wie zum Beispiel zu Ecklundshof bei Upsala, sind die Schichten gleichfalls gegen Osten gerichtet. Aehnliche Schichten habe ich an andern Orten im Innern Schwedens beobachtet, so zum Beispiel bei Langhede, zwischen Jordbrund und Brundbeck, in der Nähe von Sala. Ich glaube, diefs wird hinreichend seyn, um darzuthun, dafs die schwedischen Åsar ganz so gebildet sind, wie die

dänischen, und ohne Zweifel zu derselben Zeit und unter denselben Wirkungsformen.

Wenn wir nun versuchen die beiden Theorien, welche über die Bildung und Fortbewegung der Geschiebe aufgestellt sind, die Agassiz'sche und die Sefström'sche anzuwenden, so zeigt gleich der erste Blick, dafs keine von ihnen auf unsere Verhältnisse, die in Dännemark und den Herzogthümern auf einem Flächenraum von tausend Quadratmeilen untersucht und studirt sind, passen. — Gegen die Agassiz'sche Theorie spricht der genaue Zusammenhang unserer gesammten Geschiebeformation mit den zerstörten Korallenriffen, den letzten Bildungen der Kreidezeit. Ferner dafs alle einzelnen Abtheilungen der Geschiebebildung Versteinerungen führen, dafs die so mächtige Braunkohlenformation mit ihren Geschieben, durch ihre subappeninen Versteinerungen ein Klima, wie es dem jetzigen Mittelmeer entspricht, anzeigt. Gegen die Gletschertheorie spricht ferner die grofse Menge von geschichteten Lagern, welche in allen diesen Formationen vorkommen, und die nur aus einer wirklichen Wasserbedeckung mit oder ohne Wellenschlag sich absetzen konnten. Gegen diese Theorie spricht weiter die grofse Menge von Kreidegestein, welche unsere Geschiebeformation begleitet, und nicht durch die Gletscher von den nordischen Gebirgen heruntergebracht werden konnten, wo diese Bildung nicht existirt, und wo auch nicht das geringste Zeichen beweist, dafs sie jemals existirt hat.

Gegen die Gletschertheorie sprechen die unzähligen Hebungen, die während der Bildung unserer Geschiebeformation stattfanden, und die, aus den vielen Arragonittrümmern zu schliefsen, welche die gehobenen Massen durchziehen, unter bedeutender Temperaturerhöhung vor sich gingen.

Wenn man indessen auch die reine Glacialtheorie für unvereinbar mit den Erscheinungen bei uns ansehen

möchte, so wäre vielleicht die ältere von Hausmann, Lyell etc. aufgestellte Theorie der Eisinseln, der schwimmenden Gletscher anzunehmen. Danach wären also unsere Geschiebe mit den mächtigen Sand- und Thonlagern das Product hochnördlicher Länder durch Eisberge in dem Meere abgesetzt, aus dem sich später Dännemark erhob. Gegen diese Meinung sprechen die Versteinerungen in der Braunkohlen-Geschiebeformation, die Masse von Kreidegestein, die mächtigen Mergellager des Geschiebethons, von denen es bewiesen ist, dafs sie unseren eigenen Grund und Boden angehören, und auf diesem selbst nicht weit weggeführt sind. Gegen diese Theorie sprechen für den Geschiebesand seine aus den Versteinerungen hergeleitete ganz unbezweifelte Natur als Küstenbildung, indem Eisberge nur im sehr tiefen Meere sich fortbewegen können. Dagegen sprechen ferner die Schichtung des Geschiebesandes und der Zusammenhang seiner Gerölle mit denen des Geschiebethons.

Auch die Sefström'sche Theorie läfst sich in der Ausdehnung, worin ihr berühmter Verfasser sie darstellt, nicht mit den Phänomenen, die bei uns vorkommen, vereinigen. Schon die Dauer dieser Bildungen ist ein unwidersprechlicher Beweis gegen die Theorie *einer* Fluth, da es undenkbar ist, dafs eine Fluth durch die gesammte tertiäre Zeit fortgedauert habe. Ferner die klimatischen Verhältnisse von den tropischen oder subtropischen Korallenriffen der Kreide, dem Klima des Mittelmeeres der Braunkohlenbildung, den nordischen Tiefwasserbildungen des Cyprinenthons bis zu den Sandbänken im nordischen Meere, die den Geschiebesand bilden.

Wenn aber eine solche allgemeine Fluth nicht die Ursache unserer Åsar seyn konnte, so kann sie es eben so wenig für die schwedischen Åsar seyn, die mit den unsrigen vollkommen übereinstimmen. Dagegen hoffe ich beweisen zu können, dafs eine partielle Ueberschwemmung bei dieser letzten Geschiebebildung thätig gewesen ist,

ist, eine Ueberschwemmung, die aber in keinem unmittelbaren Zusammenhang mit den Diluvialschrammen der scandinavischen Gebirge steht.

Die Agassiz'sche Theorie, wonach die Diluvialschrammen Spuren der fortschreitenden Bewegung grofser Gletschermassen sind, hat, auf die Phänomene an der Oberfläche der scandinavischen Urgebirge angewandt, im Ganzen im Norden von Europa wenig Beifall gefunden. Fast alle Forscher, die sich mit diesem Phänomen beschäftigt haben, scheinen der Idee den Vorzug zu geben, wonach diese Bildungen durch Steine, die vom Wasser in Bewegung gesetzt sind, veranlafst worden, wenn sie gleich der Sefström'schen Theorie nicht unbedingt anhängen. Das scandinavische Phänomen ist so häufig beschrieben, seine Aehnlichkeit mit den Erscheinungen in der Schweitz so häufig hervorgehoben, dafs ich wenig hinzuzusetzen habe. Die flachen Klippen, die sogenannten Heller, sind gewöhnlich an ihrer geneigten und in Schweden mehr oder weniger bestimmt gegen Norden gewandten Seite abgeschliffen und zum Theil polirt. Auf diesen Hellern kommen zuweilen breite gossenartige Furchen, und noch viel häufiger damit parallele feine Streifen vor. Furchen und Streifen sind im Ganzen unter einander parallel, und die Furchen sind häufig wieder gestreift. Die Furchen kommen von einem Durchmesser von zwei Fufs und darüber, von einer Tiefe von 8 bis 10 Zoll vor; die Streifen haben selten mehr als 1 oder 2 Linien Tiefe. Furchen und Streifen sind aber nur der Gröfse nach von einander verschieden, und gehen vollkommen in einander über. In diesen Verhältnissen scheint keine wesentliche Verschiedenheit zwischen den scandinavischen und den Erscheinungen in der Schweitz stattzufinden; dagegen scheint es mir, als ob die Regelmäfsigkeit in der Begränzung der flachen Klippen, wenigstens in der Ausdehnung des Phänomens eigenthümlich für Scandinavien sey. Die eine Seite der ge-

streiften Felsen ist nämlich mehr oder weniger senkrecht abgeschnitten, während die entgegengesetzte Seite schwach geneigt ist. Diese nennt Sefström die Stofsseite, jene, die senkrechte, die Leeseite, und der berühmte schwedische Geognost mufs annehmen, dafs die ursprüngliche Begränzung der gestreiften Klippen überall senkrecht, wie an der Leeseite gewesen ist; während die petridelaunische Fluth an der Stofsseite die scharfen Kanten abgeschliffen hat, welche an der Leeseite ungestört von der Fluth in ihrer ursprünglichen Form verblieben sind. Die so abgeschliffene Granitmasse mufs häufig viele Fufs betragen haben, und es ist wenig glaublich, dafs eine Fluth, deren Dauer auf jeden Fall eingeschränkt seyn mufste, eine so enorme Abschleifung des sehr harten Gesteins hervorbringen konnte. Die senkrechte Seite der gestreiften Felsen bildet rechte Winkel mit den Streifen.

Wenn man nun bedenkt, dafs das Material der Åsar die losgebrochenen Theile der gestreiften Felsen seyn soll, wofür die gröfste Wahrscheinlichkeit ist, so sieht man nicht ein, wie eine Fluth, die mit einer solchen Heftigkeit von Norden nach Süden stürzte, dafs sie so bedeutende Theile der Felsen wegschleifen konnte, im Stande war, zwischen den abgeschliffenen Klippen das losgebrochene Material wieder abzusetzen. Nichts desto weniger findet man Åsar häufig in der Nähe von gestreiften Felsen; Sefström hat selbst Åsar über gestreifte Klippen gefunden, und wenn auch hin und wieder eine solche Geröllkette sich in Schutz des festen Gesteins absetzen konnte, so sind diese Hügelzüge von Sand und Steinen in Schweden viel zu allgemein verbreitet, als dafs man ihr Vorkommen durch den in der Regel fehlenden Schutz von festen Gesteinmassen erklären könnte. Gerade dieser Umstand zeigt, dafs die Ursache der Streifung der Felsen und der Absetzung jener Hügelzüge von Geröllen und Sand, keine allgemein wirkende gewesen seyn kann. Sie mufs das Resultat von

unzähligen gesonderten Bewegungen gewesen seyn. Sefström nimmt an, dafs die Bewegung, die petridelaunische Fluth, von Norden nach Süden gegangen ist; der, wie mir scheint, schwache Beweis für diesen Satz liegt zum Theil in dem Verhältnifs der Stofs- und Leeseite, zum Theil in dem Verhältnifs der sogenannten normalen und abnormen, der Haupt- und Seitenstreifen. — Es scheint mir aber in der Sefström'schen Bezeichnung dieser Streifen eine gewisse Willkührlichkeit nicht zu verkennen zu seyn, indem die Hauptstreifen in Bezug auf noch höhere Berge als Seitenstreifen bezeichnet werden, und man also die wahren Normalstreifen, wenn man vollkommen consequent seyn will, nur auf den höchsten Gebirgen Norwegens suchen mufs. Wenn man daher nicht durchaus annehmen will, dafs die Wasserbewegung wirklich so viel von den Felsen abschliff, dafs die gegen Norden geneigte Seite Fufse, zuweilen selbst Klafter von Gestein dadurch verlieren konnte, so ist nichts im Wege, die Richtung der Bewegung gerade entgegengesetzt von Süden gegen Norden anzunehmen.

Wenn man zur See sich der schwedischen Küste im Kattegat nähert, so treten zuerst die Felsen nur mit ihren obersten Spitzen aus den Wellen hervor. Kommt man dem Lande näher, so zeigen sich kleine Inseln, und je weiter man kommt, desto gröfser und häufiger werden diese Felseninseln, deren senkrechte Seite gegen den Wellenschlag gerichtet ist; man befindet sich jetzt mitten in den Scheren. Hier sehe ich die noch jetzt vor sich gehenden Erscheinungen, welche eine vollständige Analogie zu den flachen, gestreiften und gefurchten Felsen des Inneren Scandinaviens darbieten. Ich habe gesagt, dafs die senkrechte Seite der Klippe gegen den Wellenschlag gerichtet ist. Diefs ist eine ganz allgemeine Erscheinung für alle stark zusammenhängende Gebirgsmassen; sie zeigt sich an den thonigen Kliffs der

dänischen Küsten, und der Geognost, der unsere Verhältnisse studiren will, kann mit großer Sicherheit vorauswissen, wo er Durchschnitte anzutreffen erwarten kann, nämlich immer dort, wo die See am höchsten geht. Dieß zeigt sich an unserem Kreidegebirge, Möen und Stevens Klint an der Ostsee, Bulbjery und die Kliffs von Hjorthals an der Nordsee sind deutliche Beispiele desselben. Im Inneren der vielen Föhrden dagegen findet sich selten eine senkrecht abgeschnittene Bildung. So verhält sich der Sandstein der Orkney-Inseln. Gegen das offne Meer haben sie senkrechte Abschnitte; gegen die Sunde, wo kein Wellenschlag von Bedeutung stattfindet, verflächen sie sich langsam. So habe ich es auf dem Färöerne gefunden; alle jene Felsenmassen, die bis zu zwei Tausend Fuß Höhe senkrecht aus dem Wasser aufsteigen, sind gegen das offene Meer gewandt, während die Ufer der vielen Sunde und Föhrden von Gestein mit schwach geneigter Oberfläche begränzt sind.

Südlich von Gothenborg führt die Landstraße viele Meilen weit durch eine solche Scherenparthie, deren ehemaliger Meeresboden mit sandigem Thon aufgefüllt, mit den Scheren gehoben, und seit Jahrhunderten, oder wahrscheinlich seit Jahrtausenden, dem Wellenschlage entzogen, schon längst, wenigstens theilweise, in Ackerland verwandelt ist. Die Schere liegt aber noch eben so nackt und kahl, noch eben so geschliffen und polirt, als ob sie erst neulich von den Wellen bespühlt worden wäre. Nur hin und wieder hat eine kümmerliche Pflanze sich in den Felsenklüften einnisten können. Erst in der Umgegend von Gothenborg habe ich Gelegenheit gehabt die Streifung der Klippen näher zu studiren. Allein wer diese öden Klippen jemals sah, und sie mit den Felsen in der Göthaelv und den immer niedriger erscheinenden Scheren des Gothenborger Scherensystems (Skjärgård) verglich, wird keinen Augenblick anstehen alle diese Felsen für gehobene Scheren zu erklären. Ueberdieß fin-

den sich die Muscheln des jetzigen Kattegats in dem blauen Thon der Thäler um Gothenborg, und man kann sie im Thale der Göthaelv verfolgen bis an die Granitbarriere, welche die Wasserfälle von Trolhätta bildet, wo man bei Anlegung der neuen Schleusen vor wenigen Jahren ganze Lager davon entdeckte.

Auf diesen gehobenen Scheren in der Umgegend von Gothenborg, deren fast ganz nackte Felsen dem Beobachter jede Gelegenheit für seine Studien darbieten, kommen nun überall Furchen und Streifen vor. Ihre Richtung fand ich nach dem Compasse O. und W. mit einer Abweichung von 10° nach jeder Seite. Ich war so glücklich einen grofsen Steinblock von 100 bis 150 Kubikfufs noch auf diesen Klippen zu finden; er war stark abgerundet, und eine tiefe und breite Furche ging von diesem Blocke gegen West; gegen Osten vom Blocke setzte eine viel schmälere Furche sich weiter fort. Ich hatte hier offenbar einen grofsen Steinblock auf seinem Wege angetroffen, wo er, von der Fluth verlassen, nur zum Theil einen früher gebahnten Weg erweitert hatte. Ich möchte hier noch ein anderes Phänomen anführen, welches in einer, wenn auch weniger wichtigen Verbindung mit den Streifen und Furchen steht. Eine grofse Furche war nämlich in der Mitte ihrer Längenerstrekkung durch einen grofsen Felsblock unterbrochen. Dieser Block war noch kein Geschiebe, er safs noch fest eingeklemmt im Gestein, und die Furche, die er unterbrach, setzte sich auf seinem 3 Fufs höher liegenden Rücken fort. Es war offenbar ein durch Erdbeben losgebrochener und emporgeschobener Stein, den der Wellenschlag, wenn die Schere demselben nicht entzogen wäre, mit der Zeit ganz würde losgebrochen und langsam gegen Osten fortgeschoben haben. Es war ein sehr klares Beispiel einer der Umstände, welche das Vorkommen von Blöcken auf den Scheren bedingen.

Verläfst man die Umgegend von Gothenborg, so

verläfst man darum noch nicht die gestreiften und gefurchten Felsen; sie begleiten den Reisenden im Thal der Göthaelv bis nach Trolhätta, und in der grofsen Ebene des mittleren Schwedens, welche durch das System der Seen bezeichnet wird, sind sie überall wieder anzutreffen. Ueberall aber findet man die Scherenform gleichfalls wieder, und dafs jener Theil Schwedens vor einer nicht sehr lang verflossenen Zeit vom Meere bedeckt war, sieht man aus den Salzpflanzen und sehr schwachen Salzquellen, die hin und wieder auf diesen Ebenen noch vorkommen, wo weder Steinsalz noch Gyps bekannt sind, noch nach irgend einer Analogie erwartet werden dürfen. Doch tritt auf dieser Wanderung von West gegen Ost nach und nach eine Veränderung ein, die nicht unbeachtet bleiben darf. Die Klippen, die in der Gegend von Gothenborg noch fast ganz nackt sind, bekleiden sich mehr und mehr mit Vegetation, je weiter man sich von der Küste entfernt, und in demselben Maafse finden sich mehrore lose Steine auf den Felsen, so wie auch die Anzahl der gestreiften Felsen abnimmt. Es sind diefs, meiner Meinung nach, vollkommen zusammengehörigen Erscheinungen. Hat das Wasser nämlich nur während einer kurzen Zeit auf die Klippen einwirken können, so hat es auch nicht die Steine hinabschieben und nicht deren Spuren in den Felsen einschleifen können. Man ist aber, wie mir scheint, berechtigt anzunehmen, dafs die Hebung Scandinaviens in früheren Zeiten schneller vor sich gegangen ist, so dafs also an vielen Orten die Klippen schneller der Einwirkung des Wellenschlages entzogen worden sind.

Man mufs noch die Frage aufwerfen, woher denn die Blöcke, welche der Wellenschlag auf der geneigten Fläche hinabschiebt, kommen mögen; denn um die senkrechte Seite und die abgeschliffene Oberfläche dieser Klippen zu erklären, bedarf man nichts als Wasser. Das Wasser kann aber keine Streifen in die Felsen einschleifen, dazu gehört ein fester, harter, schwerer Körper, dazu

gehören nothwendigerweise Blöcke, die fortgeschoben werden. Wenn man beobachtet, wie sich die Welle gegen ein niedriges felsiges Ufer bricht, so sieht man, dafs die Spitze der Welle überschlägt, und wie eigentlich die ganze Kraft der Welle sich so zu sagen in der Spitze concentrirt. Die Deiche an der Westküste der Herzogthümer Schleswig und Holstein werden bei hohen Fluthen in der Regel nicht von Aufsen, sondern von Innen angegriffen und durchbrochen; sie leiden selten eher, als bis die Welle überspühlt, und nun an der inneren Seite den festen Thon wegnagt. Ich habe auf den Färöern ein grofses Stück basaltischen Dolorits gesehen, welches der Wellenschlag im Winter vorher, nach der Aussage der Einwohner, aus dem festen Gestein losgebrochen und auf die höhere Schicht hinaufgeworfen hatte Wäre diese Felsenparthie eine Schere gewesen, so würde der Wellenschlag den Block langsam vor sich her getrieben haben.

Das Hauptmaterial, welches der Wellenschlag vor sich hertreibt, sind indessen nicht die auf diese Weise losgebrochenen Blöcke, sondern die, ich möchte sagen, ursprünglich abgelösten Massen, die man noch im Innern von Schweden in unzähliger Menge auf den nicht gestreiften und gefurchten Felsen liegen sieht, und welche höchst wahrscheinlich bei sehr frühen, höchst unregelmäfsigen Hebungen durch das Zertrümmern des Felsens entstanden sind. Aufser diesen Ursachen ist das vom Wellenschlage verarbeitete Material sicher noch durch spätere Erdbeben vermehrt, nach Analogie des vorgeschobenen Felsens bei Gothenborg, so wie durch die zerklüftende und hebende Wirkung des Frostes. Es sind nun noch einige Eigenthümlichkeiten der gestreiften Klippen zu erklären; zuerst wie es geschehen kann, dafs die breiten Furchen wieder gestreift sind, indem es scheint, als ob zum Einschleifen der feinen Streifen ein gröfserer Druck gehört, als man den kleineren Steinen zuschrei-

ben kann. Ferner ist es schwierig den Parallelismus tiefer und feiner Streifen auf einem Felsen zu begreifen, wenn man bedenkt, dafs wenn auch die Verschiedenheiten in der Richtung des Wellenschlages bei grofsen schweren Steinen gegen die Hauptrichtung verschwinden, diefs doch nicht bei kleineren Steinen der Fall seyn könnte. Ich meine alle diese Schwierigkeiten werden gehoben, wenn man bedenkt, dafs die Zeit der Stürme besonders in den Winter fällt, dafs die über einen festen Gegenstand schlagende und an demselben gebrochene Welle in der Kälte gefriert, und durch die so gebildete Eiskruste die Steine verbindet und so ihr Gewicht bedeutend vermehrt. Hiezu kommt noch das Zusammenschrauben und Aufthürmen der im Meere schwimmenden Eisschollen, wenn sie gegen die Küste getrieben werden, wie wir es fast jeden Winter im Sunde beobachten können. Der Hr. Dr. Pingel hat dieses Ueberspülen der Eisschollen an den Scheren der grönländischen Küste beobachtet, und es mufs wohl überall stattfinden, wo ähnliche Bedingungen sich zeigen, selbst wo die Kälte viel weniger bedeutend ist als dort.

Nimmt man diese Erklärungsweise aller beschriebenen zusammengehörigen Phänomene an, so begreift man, wie sich das Material in der Nähe der Orte, wo es losgebrochen ist, ansammeln und in Hügelzüge abgelagert werden konnte.

Es bleibt nun noch ein Phänomen zu berücksichtigen, welches Böhtlingk anführt, und welches ich als eine wichtige Bestätigung meiner Ansicht betrachte. Im nördlichen, gegen das weifse Meer gewandten Theile der skandinavischen Urgebirgsmasse ist die senkrechte Seite der gestreiften Klippen nicht gegen Süden gewandt, sondern gegen Norden. Es ist hier der Wellenschlag des Eismeeres, welcher das Phänomen veranlafst hat, so wie es weiter südlich der Wellenschlag der Ost- und Nordsee war. Keilhau hat auch schon darauf aufmerksam

1) S. Annal. Bd. LII S. 641.

gemacht, dafs man zufolge der Sefström'schen Theorie nun nicht länger nach diesen Beobachtungen annehmen darf, dafs die petridelaunische Fluth vom Nordmeere ausgegangen ist, sondern irgend einen Punkt im nördlichen Norwegen als Ausgangspunkt betrachten mufs. Man begreift nach meiner Ansicht auch, warum die Streifen in den höheren Gegenden Norwegens keine Regelmäfsigkeit zeigen, sondern nach allen Himmelsgegenden gewandt sind. Es waren die ersten Scheren, die sich aus dem grofsen nordischen Meere erhoben, wo der Wellenschlag bald von der einen und bald von der andern Seite kam.

Vergleichen wir überhaupt die Richtung der Streifen an den Orten, wo wir sie genauer kennen, so ergiebt sich, dafs sie in einem bestimmten Verhältnisse zu den Theilen der benachbarten Meere stehen. So sind die Streifen zwischen dem Calmarsunde und Norkjöbing alle von Südost nach Nordwest, und im südlichen Theile von Schweden im Durchschnitt von Süden gegen Norden gerichtet; bei Varberg und Kongsbakka, am Kattegat, sind sie Südwest und Nordost, bei Gothenborg fast ganz Ost und West, eben so bei Udevalla und Strömstadt, also an der ganzen östlichen Seite des Kattegats. An der norwegischen Seite desselben Meerbusens sind die Streifen bei Tvedestrand, und von da hinauf nach Förresvand, und in der ganzen Gegend Südost und Nordwest, bei Laurvig und Frederiksvärn, wo die Küste sich mehr gegen Osten wendet, werden sie fast ganz nördlich. Der Zusammenhang mit dem grofsen Meerbusen zwischen Norwegen und Schweden ist unverkennbar, und man hat nur zu wählen, ob man die Bewegung vom Lande aus gegen den Meerbusen sich denken will, oder vom Meerbusen aus gegen das Land. Aus den früher angeführten Gründen betrachte ich die letztere Ansicht als die richtigere.

Die übrigen, mit den gestreiften Klippen in Verbin-

dung stehenden Phänomene, namentlich die Abweichung der Streifen und die Riesentöpfe, sind im Vergleich mit dem Hauptphänomen so unbedeutend, dafs sie für die Hauptfrage wenig in Betracht kommen. Ich habe mehrere derselben beobachtet, namentlich den grofsen Riesentopf in der Nähe des Wasserfalls von Trolhätta, und einen andern auf der Insel Hestholm in der Nähe von Stockholm. Ihr Zusammenhang mit einer grofsen Fluth ist mir nicht klar geworden, und eben so wenig bin ich im Stande ihre Verbindung mit dem Wellenschlage an den Scheren zu construiren. Es ist mir indessen wahrscheinlich, dafs die gegen die senkrechte Seite der Scheren sich brechende Welle in der Tiefe wohl solche Wirbel hervorbringen könnte, wodurch Steine unter günstigen Umständen den Boden topfförmig ausschleifen könnten. Dafs ganz eigenthümliche Bedingungen dazu gehören, ergiebt sich schon daraus, dafs sie, im Verhältnifs zu den übrigen Erscheinungen, selten sind.

Ich mufs die Möglichkeit anerkennen, dafs Beobachtungen in dem übrigen viel gröfseren Theile der scandinavischen Urgebirgsmassen diese meine Ansicht widerlegen können. Doch habe ich Gelegenheit gehabt, mehrere Hunderte von einzelnen Vorkommnissen zu beobachten und viele genauer zu studiren, und habe mich überzeugt, dafs im mittleren Theile von Schweden die einzelnen Thatsachen sich der entwickelten Ansicht anschliefsen, und es bleibt mir daher nur übrig zu zeigen, wie eine wirkliche Wasserfluth auf die Absetzung der Hügelzüge von Geröll und Sand einen wesentlichen Einflufs gehabt hat. Ich habe diese Darstellung schon im Jahre 1824 nach meinen Beobachtungen in Dänemark bekannt gemacht, und habe, mit Rücksicht auf Dänemark, wenig zu berichtigen, wogegen sich in der Darstellung des Ursprunges dieser Wasserbewegung im bottnischen Meerbusen Fehler eingeschlichen haben, die von meinem Mangel an Localkenntnissen herrührten.

Ich habe schon früher darauf aufmerksam gemacht, dafs die grofse Strecke des mittleren Schwedens, die durch den Mälar-, Hjelmar-, Wetter- und Wener-See bezeichnet wird, überall Spuren von einer späten Meeresbedekkung an sich trägt. Südlich von dieser Strecke liegen die viel gröfseren Höhen von Smaaland, so dafs diese Parthie durch den breiten Sund, welcher die jetzige Ebene der Seen einnimmt, vom nördlichen Schweden getrennt ward und für sich eine Insel bildete. So stand also der bottnische Meerbusen mit dem Kattegat in unmittelbarer Verbindung, und dafs salziges Wasser bis in den bottnischen Meerbusen hinaufreichte, zeigt der grofse Ås von Gefle und Stockholm, der Salzwasser-Versteinerungen führt. Der bottnische Meerbusen stand aber auch in Verbindung mit dem weifsen Meere, wo von Uleaburg aus sich eine grofse Niederung bis an's Ufer hinzieht. Ich verdanke dem Hrn. General Lafrèn in Stockholm die Nachricht, dafs, der Saga zufolge, diese Verbindung auf Flüssen vermittelst Böte noch im Anfang des vorigen Jahrhunderts benutzt wurde. Norwegen und der nördliche Theil von Schweden waren also früher gleichfalls von Finnland getrennt, und eine unmittelbare Wasserverbindung fand statt vom weifsen Meer durch den bottnischen Meerbusen und den nördlichen Theil der Ostsee bis in's Kattegat. Es mag diese Verbindung vielleicht erklären, warum die fossilen Schaalthiere der Westküste von Schweden und der Nordküste von Jüttland im Ganzen einen mehr nordischen Charakter haben, als die noch lebenden Individuen des Kattegats in diesem Augenblick zeigen; aber andere Ursachen, die ich an einem andern Orte schildern werde, müssen auch dazu beigetragen haben. Die langsame und dauernde Hebung Scandinaviens mufste dieses Verhältnifs der Dinge nach und nach verändern, indem die Verbindung des bottnischen Busens mit dem Weltmeere vermindert und am Ende ganz aufgehoben wurde. Die Wassermasse, welche die gesamm-

ten Flufssysteme des nördlichen Schwedens, Finnlands und eines Theils des nördlichen Rufslands beständig in's bottnische Meer bringen, mufste sich einen Ausweg schaffen, entweder gegen Norden in's weifse Meer oder gegen Westen in's Kattegat; an beiden Orten aber trat eine mächtige Granitwand hindernd entgegen, so dafs nur die südliche Wand, welche gänzlich auf den weichen, sandigen und wenig zusammenhängenden Gesteinen des silurischen Uebergangsystems bestehen, den einzigen Durchgang darbot. Der Durchbruch dieses Gebirges mufste einen mächtigen Strom von Nord bis Süd veranlassen, und der tiefe Einschnitt an der preufsischen Küste, welcher den Meerbusen von Königsberg bildet, scheint diesem Durchbruche zu entsprechen. Der Hauptstrom mufste durch die zurücktretende Welle seitwärts gegen Südwest abgelenkt werden, und hat auf der Insel Bornholm, welche sich dieser Wasserbewegung entgegensetzte, bis zu einer Höhe von 250 Fufs ihre Spuren hinterlassen. Bis zu der Höhe nämlich ist der ganze granitische Boden der Insel mit einem fetten mergeligen Thon bedeckt, welcher voller Bruchstücke silurischer Gebirge aller Art ist, gerade wie sie auf Gothland und Oeland noch anstehen. Die Fortsetzung dieses südwestlichen Stromes entspricht dem Durchbruche zwischen Rügen und Möen und dem tief eingeschnittenen Busen von Lübeck. Die vom festen Lande zurückprallende Wasserwelle mufste mit den vorwärts schreitenden Wellen eine diagonale Richtung gegen Norden annehmen, und ein Blick auf die Karte zeigt, wie die Meerbusen der östlichen Seite der cimbrischen Halbinsel je weiter gegen Norden eine immer mehr nördliche Richtung annehmen, bis sie endlich ganz nördlich in dem sogenannten Kallövig aufhören. Es ist immer misslich, solche Wasserbewegungen nach den Einschnitten der Länder auf der Karte zu construiren; allein ich bin im Stande nach genauen Local-Untersuchungen die einzelnen Wirkungen

der Fluth nachzuweisen. Die kleineren dänischen Inseln im westlichen Theil der Ostsee, Fehmern, Laland, Falster, Langeland, Alsen, Árón und die unzähligen, noch viel kleineren Inseln, südlich von Fühnen, bestehen alle aus dem fettesten Thonboden, wie er sonst nur flekkenweise in den übrigen Theilen des Landes vorkommt. Ich betrachte sie als mächtige Thonlager des Geschiebethons, welche eben dieser Beschaffenheit halber dem bewegten Wasser einen gröſseren Widerstand geleistet haben. Der Sand ist weggespühlt, der Thon ist geblieben. Das südliche Seeland hat mit einiger Ausnahme dieselbe Beschaffenheit; im nördlichen Seeland dagegen kommen enorme Massen von Geschiebesand vor, welche ein hügliches Land bilden, wo in der Tiefe der Geschiebethon mit seinen Mergellagern zum Vorschein kommt. Am nördlichen Ufer des Lübecker Meerbusens, im sogenannten Lande Oldenburg, zieht sich eine Hügelkette von Geschiebesand parallel mit dem Meerbusen bis in's Innere von Holstein, und so hat jede der tiefen Föhrden, die treffliche Häfen bilden, an beiden Seiten eine Masse von Geschiebesand, welche als der Absatz des bewegten Wassers an den ruhigeren Stellen erscheinen. Da wo die Föhrden im Innern der Halbinsel endigen, finden sich wieder mächtige Ablagerungen von Geschiebesand, und auf dem übrigen ebenen Theil der Halbinsel, welcher schwach gegen Westen geneigt ist, findet sich eine dünne Schicht desselben Geschiebesandes gleichförmig ausgebreitet. Auf der östlichen Halbinsel von Jüttland, wo das Städtchen Greenae liegt, ist im Ganzen noch der Geschiebethon herrschend, aber nördlich davon finden sich, gerade wie im nördlichen Seeland, mächtige hügelige Lager von Geschiebesand bis an den Lümfjord, und auch hier tritt in den tiefen Thälern der Geschiebethon wieder hervor. Auf den Theilen von Seeland, Fühnen und Jüttland, welche weit in's Kattegat hineinragen, wo, wie es scheint, das Wasser des Kattegats mit diesem Strom

aus der Ostsee zusammengetroffen ist, und nur da finden sich jene schon früher beschriebenen runden Hügel, welche ich als das Resultat von mächtig gegen einander ankämpfenden Strömungen bezeichnet habe. Es ist nicht ausgemacht, ob Dänemark schon völlig aus dem Meere gehoben war, als diese Wasserbewegung eintrat, und noch weniger kann man eine bestimmte Meinung äufsern über die Frage, ob das Land zur Zeit jenes Stromes von Menschen bewohnt worden sey; man hat noch niemals weder Ueberreste von Menschen oder Kunstproducten, oder selbst von Landthieren in den dieser Periode angehörigen Schichten gefunden. Diese Fluth ist dadurch wesentlich verschieden von einer späteren grofsen Ueberschwemmung, die, vom Westmeere ausgegangen, unzählige alte Grabhügel zerstört hat. Inzwischen scheint, nach der Bemerkung des Professors Steenstrup, die Edda, die älteste nordische Götterlehre, Andeutungen von dieser Katastrophe zu enthalten. Gefion, sagt die Edda, hatte von Odin die Erlaubnifs erhalten, ein Stück Landes mit der Pflugschaar für sich zu bezeichnen. Sie reiste darauf nach Finnland, woher sie Ochsen mitbrachte, und pflügte nun aus dem See Wenern die Insel Seeland heraus. Es ist gern möglich, dafs diese Mythe in gar keiner Verbindung mit den neulich angedeuteten Phänomenen steht. Möglich ist es aber auch, dafs, wenn auch nicht Dänemark, so doch einzelne Theile von Schweden damals schon bewohnt waren, und in der Saga dunkle Erinnerungen jenes Phänomens aufbewahrt sind. Beobachtungen auf Bornholm, deren Hauptresultate in diesen Annalen angeführt sind, bezeichnen die Periode des Schlusses dieses letzten Abschnitts unserer Geschiebeformation bis zu 4 bis 5 Tausend Jahren vor der gegenwärtigen Zeit.

XI. *Ueber die alterthümliche Anfertigung leichter Steine aus einer weifsen (wahrscheinlich Infusorien-) Erde auf der Insel Rhodus, und deren historische Verwendung zum Bau der berühmten Kuppel der Sophien-Kirche in Constantinopel; von C. G. Ehrenberg.*

(Aus den Monatsberichten der Academie, Febr. 1843.)

Dafs die berühmte Kuppel der Sophien-Kirche in Constantinopel unter dem Kaiser Justinian aus gewissen leichten Steinen erbaut worden sey, ist von alten Schriftstellern berichtet und wohl nie in Zweifel gezogen worden; allein die näheren Umstände dieses Baues sind so interessant, dafs es dem Verf. erlaubt seyn möge, dieselben in Erinnerung und in eine neue wissenschaftliche Fruchtbarkeit zu bringen.

Viele Baumeister und wissenschaftliche Techniker der neueren Zeit mögen sich mit dem Gedanken beruhigt haben, dafs jener colossale Bau der frühesten christlichen Zeit aus Bimstein oder aus gewöhnlichen gebrannten Ziegelsteinen ausgeführt worden sey; allein schon der französische General-Inspector der Brücken-, Chausseen- und Hafenbaue Sganzin sagt in seinen Vorträgen über Architectur (*Programmes ou Résumés des leçons d'un cours de construction. Edit. III*, 1821, *p.* 18), jedoch nur sehr kurz und ohne weitere Begründung, dafs es wohl schwimmende Bausteine der Art gewesen wären, wie sie in neuerer Zeit von Fabroni und Faujas in Frankreich nachgemacht worden wären.

Diese Meinung eines tüchtigen neueren Baumeisters regte den Verf. an, diesen Gegenstand weiter zu verfolgen. Beim Aufsuchen der dort nicht angegebenen Quellen und Gründe für die Meinung, welche in den

byzantinischen Schriftstellern zunächst zu suchen waren, leitete den Verf. der Custos der Königl. Bibliothek, Hr. Dr. Pinder, sogleich sehr glücklich auf den Codinus und die neueste durch Hrn. Im. Becker unter der Auctorität dieser Academie besorgte vortreffliche Ausgabe des Paulus Silentiarius mit seinen Commentatoren. Hr. E. hat nun diese und andere griechische Schriftsteller der christlichen Zeit selbst verglichen, und folgende kurze Uebersicht jenes Baues und seines Materials, so weit dieses den organischen Stoff betrifft, aus allen zugänglichen Quellen zusammengestellt.

Nachdem der christliche Haupttempel, welchen Kaiser Constantin in Constantinopel unter dem Namen der Sophien-Kirche erbaute, mit seinen prächtigen, wie es heifst, 437 Säulen durch die blutige, nach dem Parole-Worte der Aufrührer Nika genannte Empörung des Hypatius im Jahre 532 am 15. Januar, dem 5. Jahrestage der Regierung des Kaisers Justinian, durch fünf Tage lang währende Verwüstung und Brand zerstört worden war, begann dieser Kaiser, nach Dämpfung des Aufruhrs, noch in demselben Jahre einen neuen, weit prächtigeren Bau der Hauptkirche, der als Epoche machendes Denkmal der Baukunst unter dem Namen der Sophien-Kirche und später der Hauptmoschee in Constantinopel jetzt noch bewundert wird.

Die Specialnachrichten über diesen Bau und die Reparaturen sind bei den zahlreichen griechischen byzantinischen Schriftstellern merkwürdig vollständig, obschon einige interessante Specialangaben nicht aus der Zeit Justinian's selbst direct herrühren.

Baumeister waren nach den Berichten der Zeitgenossen (nach Procopius, Agathias, Paulus Silentiarius) Anthemius von Tralles in Lydien und Isidorus von Miletus in Jonien. In der ersten Stunde des 23. Februar 532 nach christlicher, im 6040 Jahre der Welt nach griechischer Rechnung, also schon in der

6.

6. Woche nach der Zerstörung, geschah der Anfang des Baues. Die Einweihung der vollendeten Kirche geschah (nach Theophanes) vom Patriarchen Mena (am Tage) vor Weihnacht (am 24. December) 537. Beim Eintritt in den Tempel rief der Kaiser Justinianus in Beziehung auf den Salomonischen Tempelbau: Gelobt sey Gott, mit dessen Hülfe ich das Werk vollbracht! Salomo du bist besiegt durch mich! *Νενίκηκά σε Σολομών.*

Als das auffallendste und grofsartigste im Bau dieses Tempels ist zu allen Zeiten die Kuppel angesehen worden, welche den Tempel in einer Höhe von 180 Fufs, also fast in doppelter Höhe des Berliner Königl. Schlosses wölbte, die (nach Euagrius) 75 Fufs im Durchmesser und dabei nur 38 F. Wölbungshöhe hatte.

Um diefs zu erreichen, hatten die Baumeister den Kaiser, welcher das beste Material aus allen Erdgegenden herbeischaffen liefs, veranlafst, dafs er (nach Codinus und dem *Anonymus de antiquitatibus constantinopolitanis*) seinen Kammerherrn (*κουβικουλάριον*) Troilus, den Patricier und Befehlshaber (*πατρίκιον καὶ ἔπαρχον*) Theodorus und den Schatzmeister (*κοιαίςωρα*) Basilides nach Rhodus sandte und die Beschaffung ganz leichter Ziegelsteine von gleichem Gewicht und gleicher Gröfse (*παμμεγέθη*) aus einer weifsen Erde übertrug. Auf jeden Stein setzten sie ein Siegel mit der Inschrift: *Gott ist mitten in ihr, sie wird nicht erschüttert werden. Gott wird sie schirmen von einem Morgen zum andern* (*Ὁ θεὸς ἐν μέσῳ αὐτῆς καὶ οὐ σαλευθήσεται. βοηθήσει αὐτῇ ὁ θεὸς τὸ πρὸς πρωῒ πρωΐ.*), was sich wohl auf den täglichen Hauptgottesdienst am frühen Morgen und die damals häufigen Erdbeben bezog. Solche Steine waren, nach Codinus [1]), fünf Mal

1) *Ὁ δὲ ςαθμὸς τῶν πέντε βησάλων ἐκείνων ἑνὸς βησάλου ἡμετέρου εὑρίσκεται διὰ τὸ εἶναι ἐκεῖνα κοῦφα καὶ σπογγώδη καὶ λεπτὰ καὶ λευκά. ἐξ οὗ παρὰ τῶν ἰδιωτῶν φέρεται λόγος ὅτι ὁ τροῦλος κισσήρινός ἐςιν· οὐκ ἔςι δέ, ἀλλ᾽ ἐλαφρὸς ὁ πηλὸς καὶ λευκός. μετ᾽*

leichter als die gewöhnlichen Mauersteine, nach dem *Anonymus* waren sie zwölf Mal leichter. Der Lehm (πηλὸς ἐκεῖνος) war ein ganz leichter Lehm, und die Steine (βήσαλα) waren (8zöllig) leicht und weifsfarbig. Man nannte deshalb das Gewölbe ein Bimsteingewölbe; das war aber nicht richtig, sagen jene alten Schriftsteller selbst (Codinus und der *Anonymus*), obschon dasselbe sehr leicht war. Man baute erst vier grofse Bögen aus demselben Materiale, dann die Ausfüllung. Agathias als Zeitgenosse Justinian's sagt: »Der Kaiser wölbte den Tempel mit gebrannten Steinen und Gyps (ἐκ πλίνθου ὀπτῆς καὶ τιτάνου) und verband es mit vielem Eisen. Holz wurde gar nicht verwendet, damit er nicht leicht vom Feuer zerstört werden könne.«

Im 32. Jahre der Regierung Justinian's, 557 nach Christo, also im 22. Jahre nach Vollendung und Einweihung der Kirche, hatte die Kuppel, wie Theophanes im Jahre 570 berichtet, durch häufige Erdbeben Risse bekommen (ἦν γὰρ διερρηγμένος ἐκ τῶν γενομένων σεισμῶν), und am 3. Mai 557, in der fünften Stunde, stürzte der östliche Theil dieser Kuppel ein und zertrümmerte die schöne künstliche Altardecke (κιβώριον), den Altar, die Kanzel und die kostbare Mosaik des Fufsbodens.

Justinian trug, da die vier grofsen Bögen und der Unterbau unbeschädigt waren, dem Brudersohne des Isidor, dem jüngern Isidor von Miletus, die schleunige Wiederherstellung der Kuppel auf. Der Kaiser schickte (wie Codinus, welcher 995 schrieb, berichtet) wieder nach Rhodus, und liefs aus derselben Erde wieder Ziegelsteine brennen und sie mit demselben Siegel bezeichnen. Am 24. December des 36. Jahres Justinian's, also 561, d. i. vier Jahre nach dem Einsturz, wieder am Tage vor Weihnacht, weihete der Pa-

αὐτοῦ δὲ ἐξήγειρε τὰς τέσσαρας ἁψῖδας εὐμεγέθεις, εἶθ' οὕτως τὸν τροῦλον ἀνὰ δώδεκα τιθέντες βησάλων.

triarch Eutychius die Kirche von Neuem ein, und Paulus Silentiarius, der reiche und angesehene christliche Dichter jener Zeit, machte das zu uns gekommene Festgedicht in griechischer Sprache, welches in drei Abtheilungen, im Palast des Kaisers, im Haus des Patriarchen und im Tempel (vor fast 1300 Jahren) recitirt worden ist. Es spricht in hoher Begeisterung über die Pracht des Baues, von dem unheilvollen Einsturz und der raschen Wiederherstellung, auch von den gebrannten Ziegeln (*ὀπταλέαις πλίνθοισιν*, v. 473) als Baumaterial.

Es scheint, dafs man erst beim zweiten Bau der Kuppel (wie es der *Anonymus* berichtet) zwischen jedem Aufbau von zwölf Steinhöhen, deren Mörtel man vielleicht erst abtrocknen liefs, öffentliche Gebete für die Festigkeit der Kirche sprach und in je einem Steine jeder zwölften Reihe ein Loch aushöhlte, worin man Reliquien verschiedener Heiligen einschlofs, bis die Kuppel vollendet war. Das Gerüst für diese Arbeit allein kostete (nach dem späteren Schriftsteller Glykas) 10 Centenaria, d. i. 50000 Gulden. Der erste Grundbau der Kirche bis 2 Ellen über der Erde kostete, nach Codinus, 452 Centenaria Goldes.

Diese zweite Kuppel wurde von Isidor II., nach Zonaras und Agathias, um 25 Fufs höher gebaut, aber etwas zugespitzt, um sie haltbarer zu machen. Unrichtig wohl sagt Codinus, dafs sie niedriger gemacht worden sey.

Zum zweiten Male stürzte die Kuppel, welche das Erdbeben von 732, wo die Irenen-Kirche zusammenfiel, überdauert hatte, im October des griechischen Jahres 6494, d. i. 986, bei einem neuen sehr furchtbaren Erdbeben ein, und diefs reparirte, nach Glykas, der Kaiser Basilius Bulgaroctōnus, welcher von 975 bis 1025 regierte. Nach Codinus müfste jedoch dieser Einsturz einige Jahre später gewesen seyn, da dieser sagt,

dafs man jetzt, nach 458 *Jahren seit Erbauung der Kirche, noch die zweite Kuppel sehen könne*, woraus hervorgeht, dafs sie im Jahre 995 noch stand, und dafs in diesem Codinus auch schrieb.

Ein dritter Einsturz von zwei Drittel der Decke der Kirche erfolgte ebenfalls durch Erdbeben im Jahre vor der Einnahme Constantinopels von Johannes Cantacuzenus, welche Einnahme am 6. Januar 1347 stattfand, also 1346. Die Kaiserin Anna und ihr Verdränger Cantacuzenus als Kaiser, sammt seinem Mitregenten Palaeologus stellten sie mit Hülfe der Baumeister Astras und Johannes Perarta wieder her, wie Cantacuzenus selbst berichtet.

So ist es denn zwar ungewifs, ob die heutige Kuppel dieser Kirche wieder mit demselben Materiale reparirt worden ist, welches sicher zwei Mal zu ihrer Ausführung gedient hatte; allein da die Kuppel nur immer theilweis beschädigt wurde, ist es fast wahrscheinlich, dafs auf oben angegebene justinianische Weise bezeichnete Steine im Bau derselben noch vorhanden sind, aus denen sich auch erkennen lassen würde, ob wirklich, was kaum zu bezweifeln ist, und welche Infusorien-Arten der christlichen genialsten Architectur diesen frühen Dienst erwiesen.

Ob das Pităne Asiens, wo man, nach Strabo, schon vor Christi Geburt schwimmende Bausteine aus einer sonderbaren Erde backte, und welches Strabo ausdrücklich als das in Aeolien bezeichnet, nicht vielleicht doch ein anderer gleichnamiger kleiner Küstenort (denn es gab mehrere Orte gleiches Namens) in der Nähe von Rhodus war, dessen Erde nur auf Rhodus, der leichteren Verschiffung halber, verarbeitet wurde? Oder ob das von den Byzantinern genannte Rhodus nicht eine ganz andere kleine Insel in der Nähe des äolischen Pităne war? Oder ob es wirklich ein bisher noch unbekanntes grofses Lager von Infusorien-Erde eben so wie

bei Pitäne in Aeolien auch auf der Insel Rhodus gab, deren geschichtliche vulkanische Entstehung und Erhebung Plinius, II. c. 87, anzeigt, bleibt der weiteren Nachforschung offen, und wird von nun an als einer wissenschaftlichen festen Begründung fähig erscheinen. Folgt man jedoch den wörtlichen Nachrichten der alten griechischen Schriftsteller, so gab es auf Rhodus ein bisher unbekanntes solches Lager, das kein unplastischer Meerschaum seyn konnte.

Dafs die drei Baumeister der Sophien-Kirche sämmtlich aus Klein-Asien gebürtig waren, spricht nicht wenig für die Verwendung des von ihnen schon durch Posidonius, Strabo, Vitruv und Plinius berühmt gewordenen Materials, dessen althistorisches, von Fabroni aufgefundenes Lager in Toscana der directen Untersuchung des Verf. zugänglich gewesen ist. (Siehe die Infusionsth. als vollendete Organismen, 1838, p. VII und d. Monatsbericht der Acad. 1842, p. 132.) [1]).

Uebrigens werden diese Steine von den gleichzeitigen Schriftstellern gebrannte Ziegel (*πλίνθοι ὀπταὶ*) genannt, von den etwas späteren aber *βήσαλα κοῦφα*, d. i. *leichte Zweidrittel-Backsteine*. Das nur byzantinische Wort *βήσαλα* ist, wie schon bekannt, lateinischen Ursprungs, und kommt von der architectonischen, um Christi Geburt bei Vitruvius schon angewendeten Bezeichnung *bessales laterculi*, wo es deutlich das 8zöllige Verhältnifs anzeigt Daher sind auch die Worte *βήσαλα παμμεγήθη σταθμὸν ἔχοντα ἐπ' ἴσης* bei Codinus wohl nicht, wie bisher immer geschehen, zu übersetzen: »*sehr grofse* Mauersteine von gleichem Gewicht« (denn Codinus braucht für die Bezeichnung »grofs« *παμμεγέθης* sonst nicht, oft aber *εὐμεγέθης*), sondern es ist wohl zu übersetzen: »(8zöllige) Mauersteine von *genau gleicher Gröfse* und gleichem Gewicht« (so wie *παμψηφεὶ* einstimmig heifst), indem die alten Schriftsteller darin übereinkommen, dafs die sehr genaue und gute Arbeit,

1) Annalen, Bd. LVI S. 505.

wie auch das Siegeln aller einzelnen Steine anzeigt, eine Haupt-Vorschrift beim Bau war. So nahmen sie auch, nach Codinus, kein Wasser, um den Mörtel anzurühren, sondern Gerstenabsud aus grofsen Kesseln, den sie mit Gyps, (zerstofsenen) Muscheln und Ulmenrinde mischten, und lauwarm verwendeten, was die Steine wie Eisen zusammenhielt. Zum äufseren Bewurfe wurde, nach Codinus, Kalk mit Oel, anstatt mit Wasser, gemischt.

Noch ist wohl nützlich zu erwähnen, dafs Perotto in seinem *Cornucopiae linguae latinae* berichtet, die Alten hätten die schwimmenden Bausteine Pithachnas oder Pithacnas (*πιθάχνας, ἀπὸ τοῦ πίθου*) Tönnchen, genannt. Simon Stratico in den Anmerkungen zum Vitruv nennt diefs Träumereien (*dormitat Perottus*). Dennoch ist es unwahrscheinlich, dafs der gelehrte Perotto keine Gründe für seine Meinung gehabt haben sollte. Aus Steinen von Pitäne ist kein Bauwerk bekannt, und warum sandte Justinian nicht nach Pitäne, das näher lag, sondern nach dem über See doppelt so weit entfernten Rhodus? Leicht konnte auch Strabo, den die übrigen Schriftsteller nur abgeschrieben haben, durch den ihm räthselhaften Namen der Steine auf die Stadt Pitäne irrig geleitet worden seyn, und jene, zu seiner Zeit bekannte, angeblich asiatische Masse konnte eben so zu Rhodus gehören. Bezeichnete vielleicht das Wort *πιθάχνη*, Tönnchen, die hohlen Töpfe, welche anstatt jener leichten Steine in den Gewölben mancher alten Bauwerke gefunden und auch jetzt benutzt werden, und kam so Pitäne zum unverdienten Rufe, welcher Rhodus gebührte?

So wären denn die rhodische Erde und die ruhmvolle Sophien-Kirche zu Constantinopel wohl doch nun beachtungswerthe und weiter zu verfolgende Zeugen des einflufsvollen Wirkens jenes unsichtbar kleinen organischen Lebens, von welchem der Academie schon so oft Bericht erstattet worden ist.

XIII. *Ueber den aufsteigenden Luftstrom in der Atmosphäre.*

[Aus Péclet, *Traité de physique*, *T. I p.* 576. — Durch Hrn. v. Humboldt auf vorliegende Notiz aufmerksam gemacht, übergebe ich sie den Lesern der Annalen, da sie mir beachtenswerth zu seyn scheint, in sofern sie einen bisher nicht allgemein berücksichtigten, aber auch freilich nicht einer genauen Berechnung fähigen Umstand bei der aufsteigenden Luftströmung zur Sprache bringt. *P.*)

Man weiſs, daſs die Temperatur der Luft abnimmt, so wie man sich von der Erdoberfläche erhebt. So ging bei der Luftreise des Hrn. Gay-Lussac, wo dieser berühmte Physiker bis 6979 Meter emporstieg, die Temperatur successiv von +30° C. auf —9°,5 C. über. Diese Temperatur-Abnahme erklärt sich leicht. Es werden nämlich die Sonnenstrahlen, welche die Atmosphäre durchdringen, zum Theil von der Luft absorbirt, und zwar mit deren Dichte in steigender Menge; überdieſs wächst die Temperatur-Zunahme, die daraus erfolgt, ebenfalls mit der Dichte; denn die Wärmecapacität nimmt zu, wenn der Druck abnimmt. Was die Ausstrahlung der Erdoberfläche betrifft, so ist leicht zu ersehen, daſs sie in ähnlicher Weise wirkt, und von der Erdoberfläche aus eine abnehmende Temperatur herzustellen sucht. Diesen beiden Ursachen muſs man noch die Strahlung des Himmelsraums und die gegenseitige Strahlung der Luftschichten hinzufügen, Ursachen, die indeſs die Vertheilungsart der Wärme, welche die beiden ersten herzustellen suchen, nicht abändern können.

Man könnte glauben, die Wärme verbreite sich auch in der Atmosphäre durch Ströme ähnlicher Art, wie sie in einem von unten erwärmten Gefäſse voll Wasser entstehen; allein die Progression der Erkaltung in der Atmosphäre ist unverträglich mit diesen Bewegungen, denn

die warme Luft, welche in der Atmosphäre emporstiege, würde sich durch Ausdehnung erkalten, und wir werden sogleich sehen, dafs die Progression dieser Erkaltung weit rascher ist als die, welche in der Atmosphäre existirt, so dafs die warme Luft der unteren Schichten der Atmosphäre sich nur bis zu einer gewissen Höhe erheben kann (*de sorte que l'air chaud des couches inférieures de l'atmosphère ne peut pas s'élever, et que de l'air qui serait à une température élevée ne pourrait monter qu'à une certaine hauteur*), zu derjenigen, bei welcher die Temperatur, die sie durch Ausdehnung annähme, gleich wäre der Temperatur der Atmosphäre.

Nehmen wir als Beispiel die zuvor erwähnten Versuche des Hrn. Gay-Lussac, und suchen mittelst der Formel des Hrn. Poisson [1]), welche Temperatur die Luft, die bei 30° C. und unter $0^m,76$ Druck war, annehmen würde, wenn man sie in eine Höhe von 6979 Met. brächte, wo sie nach Gay-Lussac's Beobachtungen einem Druck von $0^m,328$ unterworfen war. Man findet diese Temperatur $= -35°$ C., während sie in dieser Höhe nur $-9°$ ist. Mithin kann die Luft des Bodens von $+30°$ C. nicht bis zur Höhe von 6979 Meter aufsteigen.

Durch dieselbe Rechnung ersieht man leicht von den in unteren Regionen beobachteten Temperaturen ausgegangen, dafs sie nicht einmal zu kleineren Höhen aufsteigen könnte. Zu derselben Folgerung führt auch diese Rechnung, wenn man sie auf alle gleichzeitig am Boden und auf hohen Bergen angestellten Beobachtungen anwendet, ob-

1) Nämlich:

$$p' = p\left(\frac{d'}{d}\right)^k \text{ und } \vartheta' = (267 + \vartheta)\left(\frac{d'}{d}\right)^{k-1} - 267,$$

wo ϑ und ϑ' die Temperaturen einer und derselben Gasmasse entsprechend den Drucken p, p' und den Dichtigkeiten d, d' bezeichnen, und k das Verhältnifs der specifischen Wärme unter constanten Druck zu der bei constantem Volum, oder die Zahl 1,42 ist. (S. Gilb. Ann. Bd. LXXVI S. 272)

gleich die Temperatur auf Bergen, wie wir weiter sehen werden, niedriger ist als in freier Atmosphäre in gleicher Höhe über den Ebenen. Man sieht ohne Mühe, dafs Luft, die eine höhere Temperatur als die unteren Schichten der Atmosphäre besäfse, bis zu einer gewissen Höhe steigen würde, zu einer desto gröfseren, als ihre Temperatur höher wäre, und dafs man diese Höhe leicht in jedem besonderen Fall berechnen könnte.

Wollte man z. B. wissen bis zu welcher Höhe Luft von 100° C. am Tage der Luftreise des Hrn. Gay-Lussac gestiegen seyn würde, so müfste man mittelst der Formel des Hrn. Poisson eine Curve construiren, deren Abscissen die Spannkräfte und deren Ordinaten die Temperaturen der aufsteigenden Luft vorstellten, und eine andere Curve, deren Abscissen die Spannkräfte und deren Ordinaten die diesen Abscissen entsprechenden Temperaturen der Atmosphäre vorstellten. Die Abscisse des Durchschnittpunktes beider Curven wäre die der gesuchten Höhe entsprechende Spannkraft der atmosphärischen Luft.

Aus dem Obigen geht hervor, dafs die Luft in den oberen Regionen der Atmosphäre, obwohl von niederer Temperatur als die am Boden, bei gleichem Gewicht weit mehr Wärme enthält als diese; denn aus demselben Grunde, dafs die Luft des Bodens bei Versetzung in eine gewisse Höhe daselbst vermöge ihrer Ausdehnung eine Temperatur niedriger als die der Luft in dieser Höhe annimmt, nimmt die Luft dieser Regionen, auf den Boden versetzt, hier eine höhere Temperatur an als die Luft daselbst besitzt. Luft z. B. von —9° C., genommen aus einer Höhe von 6979 Meter unter einem Druck von 0^{m},328, würde am Boden der Erde eine Temperatur von 73° C. haben, während die der unteren Schichten der Atmosphäre nur eine von 30° C. besitzt.

Aus vielen über die Temperatur in verschiedenen Höhen gemachten Beobachtungen geht hervor, dafs die

Temperatur um einen Grad sinkt, wenn man um 111 bis 283 Meter steigt. Allein diese Abnahme ist nicht gleichförmig. Hr. v. Humboldt hat gezeigt, dafs sie von 1000 bis 3000 Meter sehr langsam, dagegen von 3000 bis 4000 Meter am raschesten ist.

Durch Combination aller bisher angestellten Beobachtungen ist Hr. Saigey zu folgendem Resultat gekommen, wenn am Boden eine Temperatur von 30° C. herrscht:

Druck.	Temperatur.	Untersch.	Druck.	Temperatur.	Untersch.
0mm	—62°,0 C.		450mm	+ 4°,0 C.	5,7
50	—53 ,0	9,0	500	+ 9 ,3	5,8
100	—44 ,4	8,6	550	+14 ,2	4,9
150	—36 ,2	8,2	600	+18 ,6	4,4
200	—28 ,5	7,7	620	+22 ,6	4,0
250	—21 ,2	7,3	700	+26 ,2	3,6
300	—14 ,3	6,9	750	+29 ,4	3,2
350	— 7 ,8	6,5	760	+30 ,0	
400	— 1 ,7	6,1			

In dieser Tafel nehmen die Temperatur-Unterschiede regelmäfsig um 0°,4 ab. Nach der Gesammtheit der zu Genf, zu Freiburg und auf dem Gr. Bernhard gemachten Beobachtungen, nimmt Hr. Saigey an, dafs für jede andere Temperatur am Erdboden die zweiten Unterschiede gleichfalls constant sind, und dafs diese Zahl, gleich wie der erste Unterschied, proportional ist dem Unterschied in den Temperaturen des Bodens und des Himmelsraums. So z. B. würde man für eine Temperatur von 15° C. am Boden zur Bestimmung des ersten Unterschiedes die Proportion haben:

$$30+62 : 15+62 :: 9 : x=7,53$$

und für die Variation der Unterschiede:

$$62+30 : 62+15 :: 0,4 : x=0,33.$$

Hienach wäre es leicht, ähnliche Tafeln wie die obige für jede andere Lufttemperatur am Boden zu berechnen.

Berechnet man aus obiger Tafel die den Drucken entsprechenden Höhen, so gelangt man leicht zu den Höhen, welche Temperatur-Abnahmen von 5° entsprechen. Man erhält sonach folgende Tafel:

Temperaturen.	Gesammte Höhe.	Höhe für jed. Grad.	Temperaturen.	Gesammte Höhe.	Höhe für jeden Grad.
+30° C.	0		—20° C.	8807	196
25	954	191	—25	9870	212
20	1835	176	—30	11034	233
15	2678	169	—35	12343	262
10	3505	165	—40	13849	301
5	4329	165	—45	15694	369
0	5163	167	—50	18086	478
— 5	6018	171	—55	21651	713
—10	6902	177	—60	29638	1597
—15	7828	185			

Aus dieser Tafel geht hervor, dafs der Gang der Erkaltung bis zu einer Höhe von 3 bis 400 Meter zunimmt, und darüber hinaus wieder abnimmt. Es giebt demnach eine Temperatur, bei welcher die Temperatur der Atmosphäre am möglich raschesten abnimmt. Diese Höhe wächst in dem Maafse als die Temperatur des Bodens abnimmt; und da die Erkaltung, bis zu dem Punkt der möglich schnellsten Wärmeabnahme nur schwache Veränderungen erleidet, so kann man sie als gleichförmig betrachten. Setzt man dann die Temperatur des Bodens folgweise gleich 30°, 20°, 10°, 0°, —20°, —30°, —40°, —50°, —60°, so findet man, dafs durchschnittlich die Erkaltung einen Grad beträgt für 175^m, 190, 209, 235, 270, 323, 411, 588, 1038, oder 6144^m. Es folgt daraus offenbar, dafs die Erkaltung der Atmosphäre im Sommer rascher ist als im Winter, und rascher in heifsen als in kalten Ländern.

Das Vorstehende findet keine Anwendung auf die Luft über grofsen Meeren, da für sie kein Versuch über die Temperatur in verschiedenen Höhen gemacht ist. Die

geringe tägliche Veränderung der Meerestemperatur und die Verdampfung müssen in der Luft über den Meeren ein anderes Erkaltungsgesetz hervorbringen als in der über den Continenten befindlichen Atmosphäre herrscht.

XIV. *Ueber die Krystallform des Zinns; von W. H. Miller.*

(*Phil. Magaz. S. III Vol. XXII p.* 263.)

Obwohl das Zinn, bei langsamer Erkaltung nach dem Schmelzen oder bei Reduction durch galvanische Wirkung, nicht selten in Krystallen beobachtet worden ist, so scheinen dieselben doch zu unvollkommen gewesen zu seyn, um eine Bestimmung ihrer Form durch Messung mit dem Reflexionsgoniometer zuzulassen. Leitet man indeſs den Strom einer schwach geladenen Daniell'schen Kette durch eine Lösung von Zinnchlorür, die man durch Eintauchung eines mit dem Kupfer-Element der Kette verbundenen Stückes Zinn nahe gesättigt erhält, so bekommt man nach vier oder fünf Tagen sehr vollkommene Krystalle.

Diese Krystalle gehören zum pyramidalen System. — Die Symbole der einfachen Gestalten, die beobachtet wurden, sind nach der in meinem »*Treatise on Crystallography*« angenommenen Bezeichnungsweise (wo der eine der Flächeu jeder Gestalt bezeichnende Buchstabe vor das Symbol der Gestalt gestellt ist) folgende:

$a[100]$, $m[110]$, $p[111]$, $s[101]$, $r[301]$, $t[331]$.

Aus dem Mittel der besten von gegen 500 Messungen geht hervor, daſs

$$\frac{1}{a} = \frac{0{,}3857}{c},$$

und daſs die Winkel zwischen den Normalen der verschiedenen Flächen (Fig. 16 Taf. III) sind:

$am =$ 45° 0′	$ap = 70° \; 12',5$	$mp = 61° \; 23',5$
$ma_{,} =$ 45 0	$ar = 52 \; 53,4$	$mr = 31 \; 26$
$pp' =$ 57 13	$ms = 75 \; 15,5$	$pp_{,} = 39 \; 35$
$ss' =$ 42 11	$mt = 57 \; 39,3$	$rr_{,}s = 74 \; 13,2$
$tt' =$ 98 20	$as = 68 \; 54,5$	$ss_{,} = 29 \; 29$
$rr' =$ 117 8	$at = 40 \; 50$	$tt_{,} = 64 \; 41,3.$

Zwillingskrystalle sind sehr häufig. Die Zwillingsaxe liegt winkelrecht entweder auf p oder r.

Bei den Krystallen, deren Zwillingsaxe winkelrecht auf der Fläche p ist (Fig. 17 Taf. III), sind die Winkel zwischen den Normalen der Flächen:

$$\underline{p'}p' = 65° \; 34' \qquad \underline{m}m = 57° \; 13'$$
$$\underline{r}r = 120 \; 5 \qquad \underline{r''}r'' = — \; 5° \; 39$$

Bei den Krystallen, die ihre Zwillingsaxe winkelrecht auf der Fläche r haben (Fig. 18 Taf. III), machen die Normalen der Flächen die Winkel:

$$\underline{p}p' = 5° \; 39' \qquad \underline{m}m = 117 \; 8'$$
$$\underline{p}p = 120 \; 5 \qquad \underline{r''}r'' = 54 \; 16.$$

Sehr schlanke capillare Krystalle, angeblich durch Schmelzung entstanden, die ich Hrn. Brooke verdanke, sind reguläre achtseitige Prismen, eine Combination der Gestalten, zu welchen die Flächen a, m gehören. Die krystallinischen Andeutungen, die man auf der Oberfläche des nach dem Schmelzen erkalteten Zinns erblickt, ähneln sehr der verworrenen Krystallisation, welche das Metall zuweilen bei Reduction durch den galvanischen Strom darbietet. Demnach haben aller Wahrscheinlichkeit nach die durch Schmelzung erhaltenen Krystalle dieselbe Gestalt wie die durch galvanische Wirkung erzeugten.

Bei 10° C. ist das specifische Gewicht der Krystalle, dividirt durch das des Wassers, 7,178. Bei derselben Temperatur ward das specifische Gewicht einer durch Schmelzung der Krystalle erhaltenen Masse, dividirt durch das des Wassers, gleich 7,293 gefunden.

Schliefslich will ich bemerken, dafs das Zinn unter den einfachen Substanzen die einzige bis jetzt bekannte ist, deren Krystalle zum pyramidalen System gehören, so wie es auch das einzige krystallisirbare Metall darstellt, das weder dem octaëdrischen noch dem rhomboëdrischen System angehört. Es ist auch, glaube ich, der erste Fall, wo die Wirkung der Volta'schen Elektricität zur genauen Kenntnifs einer neuen Krystallspecies geführt hat.

Nachschrift. Seit ich Obiges zur Einrückung in das *Philosophical Magazine* abgesandt, habe ich in Professor Frankenheim's »*System der Krystalle*« (Abhandlung im *Vol XIX* der *Nova Acta Acad. Nat. Cur.*) folgende Stelle gefunden: »Das Zinn kommt, nach Breithaupt, in den Zinnöfen von Cornwallis in hexagonalen Prismen vor. Ich habe es bei Reduction in niedriger Temperatur immer in tesseralen Formen erhalten.« Die hexagonalen Prismen von Breithaupt sind aller Wahrscheinlichkeit nach eine Legirung von Zinn und Kupfer, $CuSn^2$, deren Krystalle von mir, nach einer Stufe aus der Mineraliensammlung zu Strasburg, im *Philosophical Magazine*, *Februar* 1835, beschrieben wurden [1]). Es erhellt nicht, ob Frankenheim irgend Formen des octaëdrischen Systems, aufser drei gegen einander rechtwinklichen Flächen, beobachtet habe. Das Vorkommen dreier unter sich winkelrechter Flächen, obwohl kein absoluter Beweis, dafs die Krystalle zum octaëdrischen, und nicht zum pyramidalen System gehören, würde jedoch stark vermuthen lassen, dafs sie es im gegenwärtigen Falle thaten, in sofern ich niemals im Stande war die geringste Anzeige von einer auf der Axe der Pyramide winkelrechten Fläche zu entdecken.

1) Siehe Annalen, Bd. XXXVI S. 479.

XV. *Beschreibung des Faujasit, einer neuen Mineralspecies; von Hrn. Damour.*

(Auszug aus den *Annal. des Mines, Ser. IV T. 1 p.* 395.)

Die Mandelsteine des Kaiserstuhls haben seit lange den Mineraliensammlungen eine bedeutende Anzahl krystallisirter Mineralien aus der Klasse der Silicate geliefert. Auf einer Stufe dieses Gesteins bemerkte Herr Marquis de Drée vor Kurzem eine in Octaëdern krystallisirte Substanz, die ihm von den bekannten Species abzuweichen schien. Die meisten dieser Krystalle waren klar und farblos, andere hatten eine matte Oberfläche, und einige, von brauner Farbe, zeigten einen lebhaften Glanz, analog dem des Zirkons oder Diamants. Uebrigens wichen diese braunen Krystalle an Form und chemischen Eigenschaften in nichts von den klaren ab. Ihr Verhalten zum Licht kann einer mechanisch eingelagerten bituminösen Substanz zugeschrieben werden.

Einige vorläufige Versuche hatten die Anwesenheit von Kieselerde, Thonerde, Kalk, Natron und einer grofsen Menge Wasser in diesem Mineral erkennen lassen; es blieben noch ihre Verhältnisse zu ermitteln. Herr Marquis de Drée war so gut einige seiner Stufen aufzuopfern; es gelang etwa 0,4 Grm. sorgfältig ausgesuchter Stücke octaëdrischer Krystalle zu sammeln, und nur mit dieser geringen Menge konnte die nachstehende Analyse unternommen werden.

Kennzeichen und Vorkommen dieses Minerals. Es findet sich in einem Mandelstein, der in allen Richtungen von schwarzen Augitkrystallen durchsetzt ist, stellenweise eine braune, erdige, sanft anzufühlende, dem Eisenoxyd ähnelnde Substanz enthält, und viele Aehnlichkeit mit dem besitzt, welcher den Hyaolsiderit ent-

hält. Die octaëdrischen Krystalle sitzen in Blasen und Höhlungen.

Sie sind spröde, ritzen Glas ziemlich leicht. Ihr Bruch ist glasig und uneben. Das spec. Gewicht = 1,923. In einer Röhre erhitzt, lassen sie viel Wasser entweichen und behalten ihre Durchsichtigkeit. Vor dem Löthrohr schwellen sie auf und schmelzen zu einem weifsen blasigen Email. Mit Phosphorsalz am Platindraht geschmolzen, lösen sie sich gänzlich. Das geschmolzene Salz wird nach dem Erkalten milchig. Mit einer geringen Menge Soda kochen sie auf und geben ein farbloses durchsichtiges Glas. Salzsäure zersetzt dieselben, selbst nachdem das Wasser aus ihnen verjagt worden.

Sie sitzen an einer andern, weifsen, faserigen, warzenförmigen Substanz. Diese Substanz wird von Säuren angegriffen; allein bis zur Rothgluth erhitzt, wird sie weifs und verliert diese Eigenschaft. Sie schwillt vor der Löthrohrflamme auf, schmilzt zum weifsen Email und giebt mit kohlensaurem Natron ein klares Glas.

0,3846 Grm. des octaëdrischen Minerals, in kleinen Stücken zuvor bei 80° C. getrocknet, wurden in einem zugedeckten Platintiegel bis zum Rothglühen erhitzt. Sie verloren dabei 0,0865 Grm. Die Stücke waren durchsichtig geblieben, nur zeigten sie hie und da einige weifse Punkte, vermuthlich von der oben angegebenen warzenförmigen Substanz, die nicht hatte vollständig entfernt werden können.

Das vom Wasser befreite Mineral wurde warm mit concentrirter Chlorwasserstoffsäure aufgeschlossen; die dabei zurückgebliebene Kieselerde, mit kohlensaurem Natron gekocht, hinterliefs 0,021 Grm. Muttergestein, so dafs in Wirklichkeit nur 0,3636 Grm. des Minerals zerlegt wurden. Die ferner (nach bekannten Methoden) unternommene Analyse führte zu dem Resultat:

Kie-

		in 100.	Sauerstoff.	
Kieselerde	0,1795	49,36	2564	10
Thonerde	0,0610	16,77	783	3
Kalk	0,0182	5,00	140	1
Natron	0,0158	4,34	111	
Wasser	0,0865	22,49	1997	8
	0,3610	97,96		

entsprechend der Formel:

$$3\dddot{Al}\dddot{Si}^2+(\dot{C}a, \dot{N}a)^3\dddot{Si}^4+24\dot{H}.$$

Messungen mit dem Reflexionsgoniometer, unternommen von Hrn. de Drée und Hrn. Decloizeaux, gaben folgende Resultate:

B' zu *B'* über den Scheitel	=	74° 30'
B' - *B'* anliegend	=	111 30
B' - *B'* - -	=	105 30.

Sie beziehen sich also auf ein Quadratoctaëder, dessen Höhe zur Seite seiner Grundfläche nahe wie 4 : 3 (Taf. II Fig. 11 und 12). Die bis jetzt beobachteten Krystalle haben keine Abstumpfungen der Ecken oder Kanten gezeigt.

An Stufen dieser Substanz, die Hr. Bertram de Lom erstanden hatte, beobachtete Hr. de Drée einen Zwillingskrystall (abgebildet in Fig. 13 Taf. II), der, trotz der obigen Messungen, zum regelmäfsigen Krystallsystem zu gehören scheint.

Zu Ehren des den Mineralogen und Geognosten durch seine Arbeiten über erloschene Vulkane wohl bekannten Hrn. Faujas de Saint-Fond schlägt Hr. Damour vor, diefs Mineral *Faujasit* zu nennen.

XV. *Beschreibung des Villarsit; von Hrn. Dufrénoy.*

(*Annal. des Mines, Ser. IV T. I p.* 387. Auszug.)

Der Villarsit (von dem schon im Bd. LVI S. 642 dies. Annal. eine kurze Notiz gegeben ward) kommt zu Traverselle, in Piemont, vor, und wurde daselbst von Hrn. Bertrand de Lom entdeckt.

Er ist gelblichgrün, von körnigem Bruch, und gleicht an Textur und Farbe gewissen Apatiten von Arendal sehr. Seine geringe Härte und Halbdurchsichtigkeit bringen ihn dem Serpentin nahe, mit dem er eine grofse Aehnlichkeit hat. Er ist leicht ritzbar und seine körnige Beschaffenheit macht ihn brüchig.

Unschmelzbar vor dem Löthrohr, giebt er, mit 8 bis 10 Theilen Borax geschmolzen, ein grünes Email. Er ist löslich in starken Säuren.

Unangreifbar von Essig und wenig veränderlich in andern sehr verdünnten Säuren, kann man den Villarsit leicht vom daran sitzenden Dolomit trennen. Ohne eine solche Behandlung würde es schwer halten, hinreichend reine Stücke für die Analyse zu bekommen; sie hat auch den Vortheil, die Krystallisation aufzudecken; man bemerkt dann, dafs die körnige Beschaffenheit des Villarsits aus kleinen octaëdrischen Krystallen entspringt, die an und durch einander liegen.

Die Oberfläche der Krystalle wird blind, oft weifs, durch Ausscheidung von gallertartiger Kieselerde. Dieser Krystalle kann man sich also nicht zur Bestimmung der geometrischen Formen bedienen; es ist gut die zur Analyse bestimmten stark zu bürsten. Das spec. Gewicht ist 2,975.

Die Grundform des Villarsits ist ein gerades rhom-

bisches Prisma von 119° 59′ (Fig. 14 Taf. II). Die gemessenen Krystalle hatten die Gestalt Fig. 15 Taf. II, nebst geraden Abstumpfungen der Kanten zwischen *b* und *b′*. Die Hauptwinkel (wovon die mit * berechnet wurden) sind:

P : *M*	= 90°	*P* : *b′*	= 136 32
* *M* : *M*	= 119 59′	*b* : *b*(*b′*?)	= 139 45′
P : *b*	= 136 32	* *b* : *b*	= 86 40 [1]).

Hienach steht die Seite *B* zur Höhe *H* im Verhältniſs 10 : 4,45.

Zwei Analysen, nach bekannten Methoden ausgeführt, gaben:

	in 100:		Sauerstoff.		
Kieselerde	39,40	39,61	20,57		4
Talkerde	45,33	47,37	18,37	19,73	4
Eisen (oxydul)	4,30	3,59	0,69		
Mangan	2,86	2,42	0,53		
Kalk	0,54	0,53	0,14		
Kali	0,46	0,46			
Wasser	5,80	5,80	5,14		1
	98,69	99,77			

entsprechend der Formel:

$$4\,Mg\,S + 4\,Aq.$$

Ohne sein Wasser würde der Villarsit die Zusammensetzung des Peridot haben; doch kann er sonst nicht mit diesem verglichen werden, vielmehr gebührt ihm wegen seiner Form und einfachen Zusammensetzung offenbar ein selbstständiger Platz im Mineralsystem. Er liefert ein neues Beispiel von dem Vorkommen eines wasserhaltigen Minerals in Gesteinen, die offenbar vulkanischer Natur sind.

1) Hr. D. nimmt dafür 86° 56′, als das Complement von *P* zu *b*, welcher Winkel wegen des starken Glanzes von *P* mit gröſserer Genauigkeit meſsbar ist.

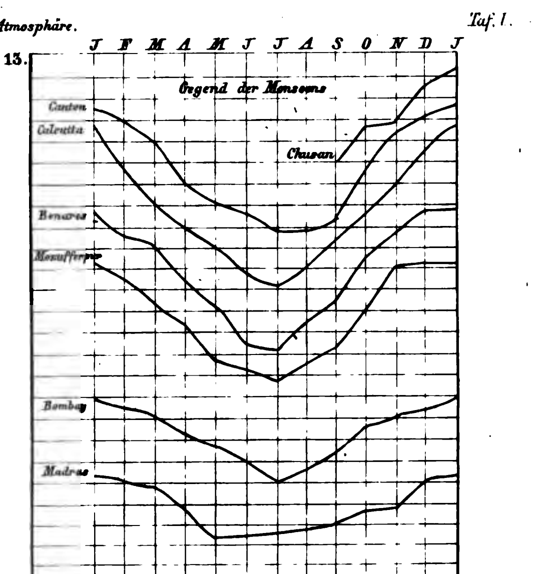
XVI. *Notizen.*

1) *Neue Bestätigung der Undulationstheorie.* — Im *Philosoph. Magaz. Ser. III Vol. XXII, p.* 262, macht Hr. Powell bekannt, daſs er den von Hrn. Earnshaw vorgeschlagenen Versuch (S. 448 dies. Bandes) ausgeführt, und, ganz der Voraussage gemäſs, die Verwandlung des rechts circular polarisirten Lichts in links circular polarisirtes, bei nahe senkrechter Zurückwerfung (und umgekehrt), bestätigt gefunden habe.

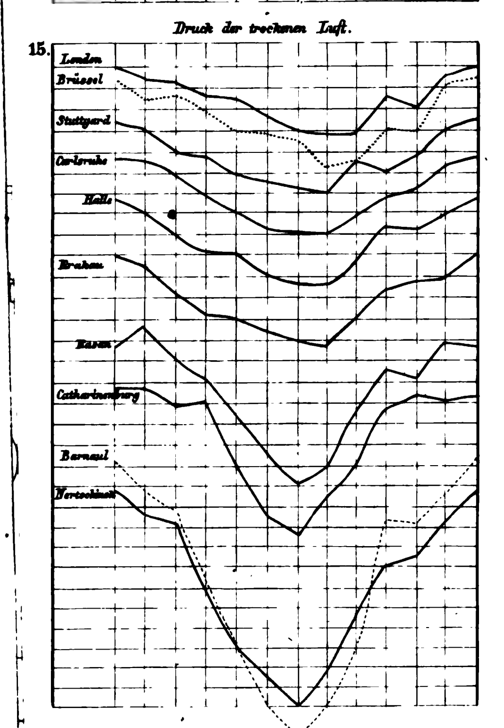
2) *Wärmestrahlung.* — In dem Programm der Danziger Petrischule für 1842 findet sich von dessen Director, Hrn. Prof. Strehlke, unter andern folgende Bemerkung. Wenn man ein verkorktes Glas, worin etwas Wasser befindlich ist, in der Mitte eines Zimmers auf einen Tisch stellt, so bemerkt man nach einiger Zeit an den den einzelnen Fenstern zunächst gelegenen Stellen des Glases einen Niederschlag des Wasserdampfs in tropfbarer Gestalt. Steht das Gefäſs in der Nähe eines Fensters, durch welches man die Aussicht auf Gebäude hat, zwischen denen freier Himmel durchblickt, so bemerkt man in der Form der Begränzung des Niederschlags einen Einfluſs der Configuration der lichten und dunklen Stellen, welche die Aussicht des Fensters bestimmen. —

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin.

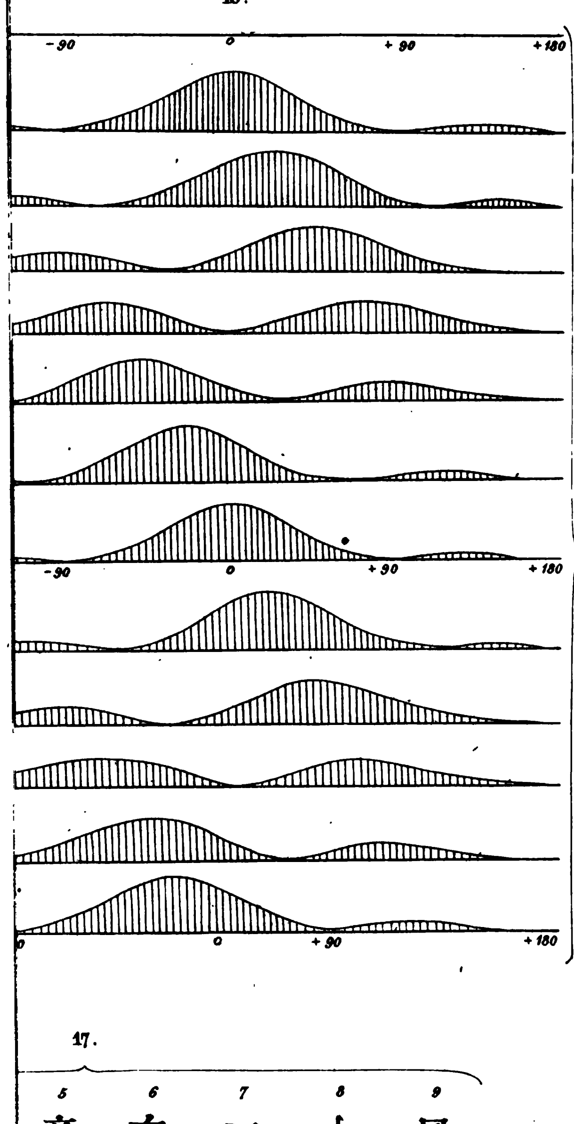




Druck der trocknen Luft.



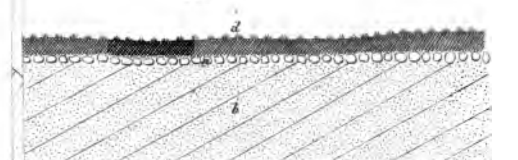
10.





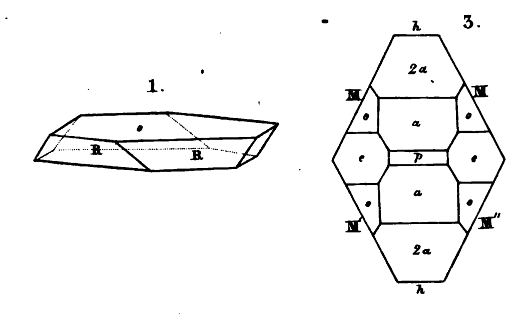
14.

15.

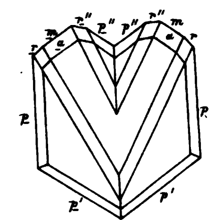

d
b
a

1.

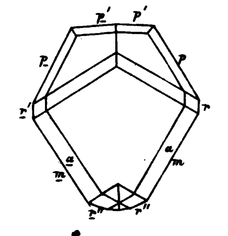
3.


o
R
R
h
2a
M
M
o
a
o
e
p
e
a
o
o
M'
M''
2a
h

17.


r
m
a
p''
p''
p''
p''
m
a
r
p
p
p'
p'

18.


p'
p'
p
p
r'
r
a
m
a
m
r''
r''